



Cleberton Correia Santos
(Organizador)

Estudos Interdisciplinares nas Ciências e da Terra e Engenharias 5

Cleberton Correia Santos
(Organizador)

Estudos Interdisciplinares nas Ciências
Exatas e da Terra e Engenharias 5

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 5 [recurso eletrônico / Organizador Cleberton Correia Santos. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias; v. 5)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-623-2 DOI 10.22533/at.ed.232191109</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 5º volume 37 capítulos com temáticas voltadas 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
DETERMINAÇÃO DA ALTURA MANOMÉTRICA DOS SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE FLUIDOS DO REATOR TUBULAR PRESENTE NO MÓDULO DIDÁTICO DE CINÉTICA E CÁLCULO DE REATORES	
Shara Katerine Moreira Jorge Leal Rosilanny Soares Carvalho Daiane Antunes Pinheiro Vitor Soares	
DOI 10.22533/at.ed.2321911091	
CAPÍTULO 2	12
ESTATÍSTICA COMO ELEMENTO NORTEADOR DO TRABALHO COM CONCEITOS MATEMÁTICOS NOS ANOS INICIAIS	
Daiani Finatto Bianchini Cátia Maria Nehring	
DOI 10.22533/at.ed.2321911092	
CAPÍTULO 3	26
AÇÃO CATALÍTICA DO CATALISADOR DE 2ª GERAÇÃO DE GRUBBS NA AUTO-METÁTESE DA PIPERINA	
Aline Aparecida Carvalho França Vanessa Borges Vieira Thais Teixeira da Silva Sâmia Dantas Braga Ludyane Nascimento Costa John Cleiton dos Santos Denise Araújo Sousa Alexandre Diógenes Pereira Benedito dos Santos Lima Neto Francielle Aline Martins José Luiz Silva Sá José Milton Elias de Matos	
DOI 10.22533/at.ed.2321911093	
CAPÍTULO 4	35
ACUMULADOR DE ENERGIA SOLAR PARA SECAGEM DAS AMENDOAS DE CACAU	
Luiz Vinicius de Menezes Soglia Jorge Henrique de Oliveiras Sales Pedro Henrique Sales Giroto	
DOI 10.22533/at.ed.2321911094	
CAPÍTULO 5	47
ÁLGEBRA LINEAR NA ESCOLA E NA HISTÓRIA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DOS PRINCIPAIS TÓPICOS ENSINADOS	
Leandro Teles Antunes dos Santos Erasmus Tales Fonseca Patrícia Milagre de Freitas	
DOI 10.22533/at.ed.2321911095	

CAPÍTULO 6	58
UMA POSSIBILIDADE DE CONCEBER A MATEMÁTICA E REALIDADE - MODELAGEM MATEMÁTICA NA EDUCAÇÃO	
Morgana Scheller Lariça de Frena Alan Felipe Bepler Tayana Cruz de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.2321911096	
CAPÍTULO 7	71
LETRAMENTO MATEMÁTICO: A ALFABETIZAÇÃO MATEMÁTICA A PARTIR DE MATERIAIS MANIPULÁVEIS	
Pamela Suelen Pantoja Egues Cristiane Ruiz Gomes	
DOI 10.22533/at.ed.2321911097	
CAPÍTULO 8	79
MÉTODO DE MÚLTIPLAS ESCALAS APLICADO AO OSCILADOR DE VAN DER POL	
Higor Luis Silva Denner Miranda Borges	
DOI 10.22533/at.ed.2321911098	
CAPÍTULO 9	86
ANALISE DE VIABILIDADE DE EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS COM O USO DA SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO	
Ianyqui Falcão Costa	
DOI 10.22533/at.ed.2321911099	
CAPÍTULO 10	103
DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÃO MÓVEL EDUCATIVA PARA ACOMPANHANTES DE PARTURIENTES	
Adriana Parahyba Barroso Jocileide Sales Campos Edgar Marçal	
DOI 10.22533/at.ed.23219110910	
CAPÍTULO 11	113
ASPECTOS DO CICLO DE VIDA DE DADOS EM PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO DE ONTOLOGIAS BIOMÉDICAS	
Jeanne Louize Emygdio Eduardo Ribeiro Felipe Maurício Barcellos Almeida	
DOI 10.22533/at.ed.23219110911	
CAPÍTULO 12	126
AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DE VINHOS UTILIZANDO TÉCNICAS ELETROANALÍTICAS E ESPECTROFOTOMÉTRICAS	
Isaide de Araujo Rodrigues Deracilde Santana da Silva Viégas Ziel dos Santos Cardoso Ana Maria de Oliveira Brett	
DOI 10.22533/at.ed.23219110912	

CAPÍTULO 13 138

AVALIAÇÃO DE ADITIVOS ANTIOXIDANTES COMO INIBIDORES DA CORROSÃO PROVOCADA PELO BIODIESEL DE DIFERENTES MATÉRIAS-PRIMAS

José Geraldo Rocha Junior
Marcelle Dias dos Reis
Luana de Oliveira Santos
Andressa da Silva Antunes
Cristina Maria Barra
Sheisi Fonseca Leite da Silva Rocha
Otavio Raymundo Lã
Rosane Nora Castro
Matthieu Tubino
Acácia Adriana Salomão
Willian Leonardo Gomes da Silva

DOI 10.22533/at.ed.23219110913

CAPÍTULO 14 149

AVALIAÇÃO DO TEOR DE FIBRAS EM IOGURTE SABOR CHOCOLATE ELABORADO COM ADIÇÃO DE BIOMASSA DE BANANA VERDE

Ana Cléia Moreira de Assis Frota
Márcia Facundo Aragão

DOI 10.22533/at.ed.23219110914

CAPÍTULO 15 155

DIAGNÓSTICO DAS PERDAS DE MATERIAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Daniel Ramos de Souza
Maycon Mickael Ribeiro Vasconcelos
Evandro Schmitt
Írismar da Silva Genuíno

DOI 10.22533/at.ed.23219110915

CAPÍTULO 16 164

ESTUDO DE AQUECIMENTOS NOTURNOS SIMULTANEAMENTE À DIMINUIÇÃO DA UMIDADE SOBRE A CIDADE DO RIO DE JANEIRO

Hana Carolina Vieira da Silveira
Ana Cristina Pinto de Almeida Palmeira

DOI 10.22533/at.ed.23219110916

CAPÍTULO 17 175

EXTRAÇÃO, PURIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO LÍQUIDO CELOMÁTICO DE MINHOCA DA ESPÉCIE *Eisenia andrei*

Taisa Werle
Jordana Finatto
Ketlin Fernanda Rodrigues
Gabriela Vettorello
Ani Carolina Weber
Sabrina Grando Cordeiro
Verônica Vanessa Brandt
Ytan Andreine Schweizer
Valeriano Antônio Coberllini
Elisete Maria de Freitas
Eduardo Miranda Ethur
Lucélia Hoehne

DOI 10.22533/at.ed.23219110917

CAPÍTULO 18	188
A ABORDAGEM HISTÓRICA DE MATRIZ, DETERMINANTE E SISTEMAS LINEARES NOS LIVROS DIDÁTICOS	
Daniel Martins Nunes Fábio Mendes Ramos Fabricia Gracielle Santos	
DOI 10.22533/at.ed.23219110918	
CAPÍTULO 19	195
A QUÍMICA DA MARCHETARIA: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE QUÍMICA	
Caroline Ketlyn M. Da Silva Francisca Georgiana M. do Nascimento	
DOI 10.22533/at.ed.23219110919	
CAPÍTULO 20	209
A UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO SUPERIOR	
Robert Mady Nunes Wilmar Borges Leal Júnior Marcos Dias da Conceição Valber Sardi Lopes Greice Quele Mesquita Almeida Andrea Barboza Proto Helaís Santana Lourenço Mady Suzane Aparecida Cordeiro	
DOI 10.22533/at.ed.23219110920	
CAPÍTULO 21	221
SOLUÇÃO PARA EQUAÇÃO INTEGRAL DE SCHRÖDINGER DE UMA ONDA ESPALHADA VIA MÉTODO DE FREDHOLM	
Pedro Henrique Sales Giroto Jorge Henrique de Oliveiras Sales	
DOI 10.22533/at.ed.23219110921	
CAPÍTULO 22	233
ESTUDO MORFOLÓGICO E CRISTALOGRAFICO DE DIFERENTES TIPOS DE CIMENTO PORTLAND	
Bento Francisco dos Santos Júnior Fabiane Santos Serpa Eduardo Ubirajara Rodrigues Batista Thuany Reis Sales Adriele Santos Souza Antonio Vieira Matos Neto	
DOI 10.22533/at.ed.23219110922	
CAPÍTULO 23	248
FATORES SOCIOECONÔMICOS DO PERFIL DO EMPREENDEDOR BRASILEIRO	
Felipe Kupka Feliciano Antonio Marcos Feliciano César Panisson Édis Mafra Lapolli	
DOI 10.22533/at.ed.23219110923	

CAPÍTULO 24	262
IDENTIFICAÇÃO DE DANOS ESTRUTURAIS USANDO REDES NEURAIS ARTIFICIAIS BASEADA EM UM MODELO DE DANO CONTÍNUO	
Rosilene Abreu Portella Corrêa	
Cleber de Almeida Corrêa Junior	
Jorge Luiz Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.23219110924	
CAPÍTULO 25	274
APLICAÇÃO DA TEORIA DE REDES PARA ANÁLISE LOGÍSTICA DOS <i>HUBPORTS</i> DA CABOTAGEM BRASILEIRA	
Carlos César Ribeiro Santos	
Hernane Borges de Barros Pereira	
Anderson da Silva Palmeira	
Marcelo do Vale Cunha	
DOI 10.22533/at.ed.23219110925	
CAPÍTULO 26	287
IMPREGNAÇÃO INCIPIENTE DE HSiW EM ZEÓLITA Y PARA PRODUÇÃO DE ACETATO DE BUTILA	
Mateus Freitas Paiva	
Juliane Oliveira Campos de França	
Elon Ferreira de Freitas	
José Alves Dias	
Sílvia Cláudia Loureiro Dias	
DOI 10.22533/at.ed.23219110926	
CAPÍTULO 27	298
MULTISCALE SPATIAL INFLUENCE ON METABOLITES IN JABUTICABA	
Gustavo Amorim Santos	
Luciane Dias Pereira	
Suzana da Costa Santos	
Pedro Henrique Ferri	
DOI 10.22533/at.ed.23219110927	
CAPÍTULO 28	310
O ENSINO DE MATEMÁTICA POR MEIO DA LINGUAGEM TEATRAL	
Fabiana Geresa Leindeker da Silva	
Tamires Bon Vieira	
Monalisa da Silva	
Leonardo Geziel de Matos Dada	
Carla Daniela Guasseli da Silva Engel	
DOI 10.22533/at.ed.23219110928	
CAPÍTULO 29	319
O ESTUDO DE PIRÂMIDES COM A UTILIZAÇÃO DO “VOLPIR”	
Renato Darcio Noleto Silva	
Cinthia Cunha Maradei Pereira	
Fábio José da Costa Alves	
DOI 10.22533/at.ed.23219110929	

CAPÍTULO 30	333
O USO DO CELULAR NO PROCESSO DE ENSINO APRENDIZAGEM: UMA ANÁLISE A PARTIR DAS CONTRIBUIÇÕES TEÓRICAS DE VYGOTSKY	
Jerry Wendell Rocha Salazar Delcineide Maria Ferreira Segadilha	
DOI 10.22533/at.ed.23219110930	
CAPÍTULO 31	345
BREVE ANÁLISE DA FERRAMENTA CONSTRUCT 2® COMO OBJETO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA	
Monys Martins Nicolau Eryslânia Abrantes Lima Solon Diego Garcia Moreira Amanda Oliveira de Miranda Saymon Bezerra de Sousa Maciel Elder Gonçalves Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.23219110931	
CAPÍTULO 32	355
PERCEPÇÃO DOCENTE SOBRE AS DIFICULDADES DOS ACADÊMICOS NA ELABORAÇÃO DE RELATÓRIOS EXPERIMENTAIS DE QUÍMICA	
Klenicy Kazumy de Lima Yamaguchi Hudinilson Kendy de Lima Yamaguchi Vera Lúcia Imbiriba Bentes	
DOI 10.22533/at.ed.23219110932	
CAPÍTULO 33	366
PROPOSTA DE UM INSTRUMENTO PARA LEVANTAMENTO DE REQUISITOS FUNCIONAIS PARA A CONSTRUÇÃO DE UMA FERRAMENTA DE GESTÃO DO CONHECIMENTO NA INDÚSTRIA DE SOFTWARE	
Gisele Caroline Urbano Lourenço Mariana Oliveira Danieli Pinto Nelson Tenório Pedro Henrique Lobato Amanda Vidotti	
DOI 10.22533/at.ed.23219110933	
CAPÍTULO 34	376
O <i>SOFTWARE</i> GEOGEBRA: MEDIADOR DA APRENDIZAGEM DE CONCEITOS DE GEOMETRIA DE UMA ALUNA NÃO ALFABETIZADA	
Taiane de Oliveira Rocha Araújo Maria Deusa Ferreira da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.23219110934	
CAPÍTULO 35	385
RESOLUÇÃO CINÉTICA DINÂMICA DE AMINAS BENZÍLICAS SUBSTITUÍDAS UTILIZANDO CATALISADOR DE Pd SUPORTADO EM MgCO ₃	
Fernanda Amaral de Siqueira Camila Rodrigues Cabreira Pedro Henrique Kamogawa Chaves	
DOI 10.22533/at.ed.23219110935	

CAPÍTULO 36	396
SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE QUÍMICA ORGÂNICA UTILIZANDO JOGOS DIGITAIS: UMA VISÃO TEÓRICA	
Francisco Glauber de Brito Silva Leonardo Alcântara Alves	
DOI 10.22533/at.ed.23219110936	
CAPÍTULO 37	407
ANÁLISE DA RESISTÊNCIA À PUNCTURA DO COBRE POR ENSAIO PADRONIZADO DE ULTRAMICRODUREZA	
Eduardo Braga Costa Santos Denise Dantas Muniz Eliandro Pereira Teles Danielle Guedes de Lima Cavalcante Ricardo Alves da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.23219110937	
SOBRE O ORGANIZADOR	419
ÍNDICE REMISSIVO	420

DETERMINAÇÃO DA ALTURA MANOMÉTRICA DOS SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE FLUIDOS DO REATOR TUBULAR PRESENTE NO MÓDULO DIDÁTICO DE CINÉTICA E CÁLCULO DE REATORES

Shara Katerine Moreira Jorge Leal

Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ
Rio de Janeiro – RJ

Rosilanny Soares Carvalho

Universidade Federal de São Carlos, UFSCar
São Carlos – SP

Daiane Antunes Pinheiro

Instituto Federal do Norte de Minas Gerais,
IFNMG
Montes Claros – MG

Vitor Soares

Instituto Federal do Norte de Minas Gerais,
IFNMG
Montes Claros – MG

foi de 3,40 m.

PALAVRAS-CHAVE: Altura manométrica, PFR, Fluidos.

DETERMINATION OF THE MANOMETRIC HEIGHT OF THE FLUID DISTRIBUTION SYSTEMS OF THE TUBULAR REACTOR PRESENT IN THE DYNAMIC MODULE OF KINETICS AND CALCULATION OF REACTORS

ABSTRACT: The manometric height indicates the amount of energy per unit of weight that the study system needs according to the working flow, being determinant in the process of selection of pumps. Thus, the objective of this work is to determine the manometric height of the fluid flow systems that integrate the tubular reactor (PFR). For this, the accessories present in the circuits were identified, measurements of length, experimental measures of pressure drop and theoretical calculations were performed. These procedures allowed to determine that the manometric height in the first system was 3,38 m and for the second system was 3,40 m.

KEYWORDS: Manometric height, PFR, Fluids.

RESUMO: A altura manométrica indica a quantidade de energia por unidade de peso que o sistema de estudo necessita de acordo com a vazão de trabalho, sendo determinante no processo de seleção de bombas. Dessa forma, o objetivo desse trabalho consiste em determinar a altura manométrica dos sistemas de escoamento de fluidos que integram o reator tubular (PFR). Para isso foram identificados os acessórios presentes nos circuitos, foram realizadas medidas de comprimento, medidas experimentais de queda de pressão e cálculos teóricos. Esses procedimentos permitiram determinar que a altura manométrica no primeiro sistema foi de 3,38 m e para o segundo sistema

1 | INTRODUÇÃO

O módulo de cinética e cálculo de reatores, presente no laboratório de Engenharia Química III do IFNMG, *Campus* Montes Claros, é constituído por duas bombas rotativas que fornecem energia ao fluido, de modo a transportá-lo por todo o processo.

Essas bombas fornecem um fluxo pulsativo de reagentes aos reatores que compõem o módulo. Esse fluxo pulsativo foi indicado pelo professor coordenador dos experimentos que ocorrem no reator tubular como uma das possíveis causas da divergência encontrada no trabalho de conclusão de curso desenvolvido no módulo por Raissa Costa de Oliveira. Indicando também a necessidade da inserção de bombas centrífugas no módulo em consequência ao fluxo uniforme de fluido fornecido pelas mesmas aos processos.

Segundo Oliveira (2016), a conversão real experimental da reação de estudo apresentou valores elevados, fato adverso ao esperado, uma vez que as conversões ideal e não ideal indicavam a ocorrência de baixas conversões. Assim, o fluxo pulsativo das bombas pode estar influenciando o regime de escoamento do fluido e consequentemente o contato entre os reagentes, podendo assim estar contribuindo para o alto valor de conversão experimental.

Diante disso, neste trabalho foram determinadas as alturas manométricas dos sistemas de distribuição de fluidos que constituem o PFR, para posterior seleção e instalação de bombas centrífugas para operar o módulo e assim determinar se o fluxo pulsativo contribui para o aumento da conversão. As bombas centrífugas possuem fluxo uniforme e desta forma eliminariam o efeito pulsativo gerado pelas bombas peristálticas.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Vazão do sistema

A vazão volumétrica (Q), calculada pela Eq. (1), expressa a quantidade de fluido que escoar na seção transversal de um sistema por unidade de tempo.

$$Q = v \frac{\pi D^2}{4} \quad (1)$$

Onde v é a velocidade média de escoamento do fluido e D é o diâmetro da seção circular da tubulação de escoamento.

2.2 Número de Reynolds

O número de Reynolds (Re) é um número adimensional muito importante na mecânica dos fluidos, que caracteriza o comportamento global de um fluido, podendo ser calculado pela Eq. (2). O escoamento no qual as forças de inércia são “baixas” em detrimento das forças viscosas é classificado como laminar (FOX; PRITCHARD; McDONALD, 2011).

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} \quad (2)$$

Sendo ρ e μ a massa específica e a sua viscosidade dinâmica do fluido, respectivamente.

2.3 Fator de Atrito

Segundo Souza (2014), o fator de atrito (f) para escoamentos laminares é função apenas de Re , pois durante o escoamento ocorre a formação de uma película de fluido estático junto às paredes do tubo fazendo com que o mesmo se comporte como liso independentemente de sua rugosidade, sendo calculado conforme a Eq. (3).

$$f = \frac{64}{Re} \quad (3)$$

Para escoamentos turbulentos, o fator de atrito é tanto função de Re como da rugosidade relativa da tubulação, podendo ser determinado pelo Diagrama de Moody.

2.4 Perda de Carga

Segundo Brunetti (2008), há dois tipos de perdas de carga, a perda de carga distribuída (h_d), e a perda de carga singular (h_s). A perda de carga distribuída ocorre ao longo de tubos retos, de seção constante em consequência ao atrito das próprias partículas do fluido, sendo calculada pela Eq. (4). Onde L é o comprimento da tubulação e g a aceleração da gravidade.

$$h_d = f \frac{L v^2}{D 2g} \quad (4)$$

Já a perda de carga singular, também conhecida como local, é definida como a perda de energia por unidade de peso que ocorre nos acessórios, tais como válvulas, curvas e retenções, sendo calculada pela Eq. (5).

$$h_s = K \frac{v^2}{2g} \quad (5)$$

Sendo K o coeficiente de carga. Os valores de K geralmente são tabelados, conforme disposto na Tabela 1.

Peça	K
Entrada normal de canalização	0,5
Alargamento*	0,3
Estreitamento*	0,15
Curva de 90°	0,4
Tê (escoamento de desvio)	1,3
Tê (escoamento de linha)	0,6
Curva de 45°	0,2
Curva de 22,5°	0,1
Curva de retorno 180°	2,2
Cotovelo de 90°	0,9

Tabela 1 – Coeficiente de carga.

Fonte: Adaptado de MACINTYRE*, 1997; NETTO et al., 1998.

2.5 Equação de Bernoulli modificada para situações com bombas

Conforme Livi (2010), para escoamentos incompressíveis e completamente desenvolvidos no interior de dutos em que haja a atuação de uma bomba no sistema, a equação de Bernoulli pode ser utilizada, considerando outros termos relacionados à potência da bomba e à perda de carga total. Assim, a carga transferida da bomba para o escoamento entre duas seções pode ser determinada pela Eq. (6).

$$H_m = \left[\left(Z_2 + \frac{v_2^2}{2} + \frac{P_2}{\rho g} \right) - \left(Z_1 + \frac{v_1^2}{2} + \frac{P_1}{\rho g} \right) \right] + h_t \quad (6)$$

Em que Z_2 e Z_1 são, respectivamente, as alturas nos pontos de referência 1 e 2, v_1 e v_2 as velocidades do fluido, P_1 e P_2 as pressões estáticas, h_t a perda de carga total e H_m a altura manométrica do sistema.

3 | METODOLOGIA

Todos os experimentos foram realizados no módulo didático de cinética e cálculo de reatores do Laboratório de Engenharia Química III do Instituto Federal do Norte de Minas Gerais – IFNMG, Campus Montes Claros. Conforme esquematizado na Figura 1 e na Figura 2, o módulo é constituído por dois reatores, por um PFR e por três reatores de mistura perfeita em série. Em relação ao PFR, o mesmo é integrado por dois sistemas de distribuição de reagentes, uma vez que, as reações que ocorrem em seu interior envolvem dois reagentes.

Cada sistema já alterado e esquematizado para receber a bomba centrífuga é formado respectivamente por um tanque de armazenamento de reagente (A), um tê (B), uma válvula de fechamento de linha (C), uma bomba centrífuga (D), um rotâmetro (E), uma válvula de fechamento de linha (F) localizada na traseira do módulo, um tê (G) localizado na traseira do módulo, uma válvula direcional (H), um reator PFR (I) e pelo tanque de armazenamento dos produtos reacionais (K) como elemento final de cada circuito. A conexão das bombas a entrada do PFR é realizada por tubos de uretano e do reator ao tanque de armazenamento dos produtos reacionais essa conexão é realizada por um único tubo de uretano e posteriormente por um único tubo de policloreto de polivinila (PVC).

Assim, se a bomba D_1 estiver em funcionamento, um dos reagentes percorrerá o sistema 1 passando respectivamente pelos elementos $A_1, B_1, C_1, D_1, E_1, F_1, G_1, H_1, I$ e K . Com a bomba D_2 em funcionamento, o segundo reagente percorrerá o sistema 2 passando respectivamente pelos elementos $A_2, B_2, C_2, D_2, E_2, F_2, G_2, H_2, I$ e K .

Inicialmente foram determinadas as características importantes dos sistemas 1 e 2. Dessa forma, foi determinado por meio da utilização de uma trena, o comprimento total da tubulação de uretano e da tubulação de PVC que constituem os sistemas, o diâmetro do reservatório A_1 (D_{r1}), o diâmetro do reservatório A_2 (D_{r2}), a altura da saída do reservatório A_1 (H_{PFR-1}) até a entrada do reator tubular e a altura da saída do reservatório A_2 (H_{PFR-2}) até a entrada do reator tubular. E com o auxílio de um paquímetro digital o diâmetro interno dessas mesmas tubulações. Também foram identificados os tipos e a quantidade de acessórios presentes em cada circuito.

Para a determinação da perda de carga experimental no interior do PFR, da válvula direcional e do rotâmetro foram introduzidas tomadas de pressão em um ponto anterior e posterior em cada um desses equipamentos. Tubos de diâmetro compatível às entradas das tomadas de pressão foram ligados em uma extremidade à tomada e na outra extremidade ao manômetro de tubo em U, cujo fluido manométrico era o mercúrio.

As Equações (4) e (5) foram utilizadas para a determinação da perda de carga distribuída e localizada em cada sistema, respectivamente.

A altura manométrica foi determinada para os sistemas 1 e 2 a partir da equação de Bernoulli modificada aplicada entre a saída do reservatório de armazenamento de

reagente e a entrada do PFR.

Todos os dados foram determinados para a vazão máxima de operação, que é de $1,6710^{-5}$ m³/s no interior do reator tubular. As propriedades dos reagentes de trabalho por apresentarem alta diluição foram consideradas semelhantes às da água. A temperatura em que ocorreram os experimentos foi a temperatura média de operação do módulo, que foi de 25°C.

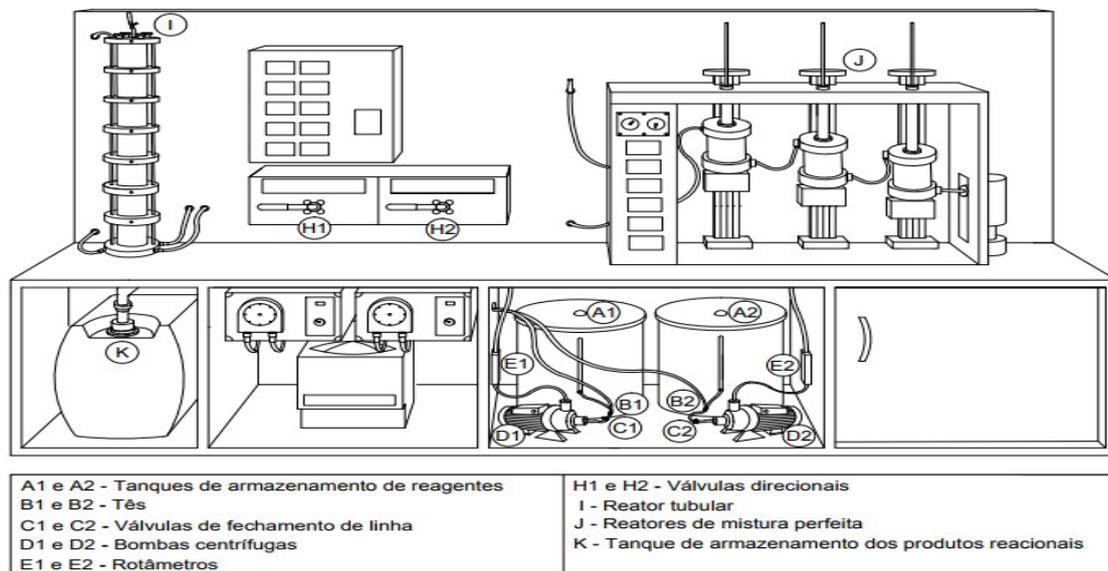


Figura 1 – Esquema da parte frontal do módulo didático de cinética e cálculo de reatores.

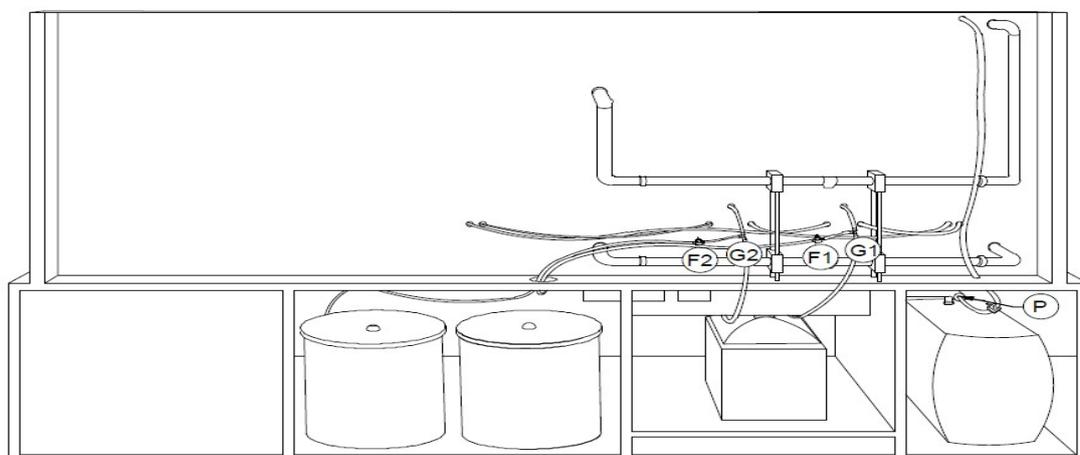


Figura 2 – Esquema da parte traseira do módulo didático de cinética e cálculo de reatores.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Obtenção de características importantes do sistema

Para a posterior quantificação da perda de carga distribuída, foi determinado por meio da utilização de uma trena, o comprimento total da tubulação de uretano e da tubulação de PVC para os sistemas 1 e 2, que estão expostos na Tabela 2.

Local	Comprimento (m)	
	Sistema 1	Sistema 2
Tubulação de uretano na sucção	0,45	0,45
Tubulação de uretano no recalque	4,41	4,76
Tubulação de PVC no recalque	0,34	0,34

Tabela 2 – Comprimento total de tubo dos sistemas

Outras medidas de comprimento importantes na determinação de velocidade, pressão e altura estão expressas na Tabela 3.

D_{r1} (m)	D_{r2} (m)	D_{T1} (m)	D_{T2} (m)	H_{PFR-1} (m)	H_{PFR-2} (m)
0,39	0,39	$0,07 \cdot 10^{-1}$	0,02	1,00	1,00

Tabela 3 – Diâmetros dos reservatórios, diâmetros das tubulações e alturas até os reatores considerando os pontos de referência

O tipo e a quantidade de acessórios presentes ao longo dos sistemas no recalque e na sucção foram expressos, respectivamente, nas Tabelas 4 e 5.

Tipo de acessórios	Quantidade de acessórios	
	Sistema 1	Sistema 2
Na sucção		
Entrada normal de canalização	1	1
Válvula de fechamento de linha	1	1
Tê (escoamento de linha)	1	1
Curva de 45°	1	1
Alargamento	1	1

Tabela 4 – Tipo e quantidade de acessórios presentes na sucção dos sistemas

Tipo de acessórios	Quantidade de acessórios	
	Sistema 1	Sistema 2
No recalque		
Estreitamento	1	1
Curva de 90°	2	2
Válvula de fechamento de linha	2	2
Tê (escoamento de desvio)	1	1
Tê (escoamento de linha)	2	2
Curva de 45°	2	2
Válvula direcional	1	1
Curva de 22,5°	3	3
Curva de retorno de 180°	0	0
Alargamento	1	1
Joelho	1	1

Tabela 5 – Tipo e quantidade de acessórios presentes no recalque dos sistemas

4.2 Determinação experimental da perda de carga

A introdução das tomadas de pressão ocorreu perpendicular e superficialmente às paredes dos tubos, de modo a quantificar apenas a pressão estática em cada ponto. A leitura feita no manômetro expressa a altura em metros na coluna de mercúrio que a bomba precisa elevar para superar as perdas por atrito nos equipamentos. Assim, a leitura realizada no manômetro foi convertida para metros na coluna de água, por meio da Eq. (7). Onde ρ_m é a densidade do mercúrio, h_m a perda de carga em metros na coluna de mercúrio e h a perda de carga em metros na coluna de água.

$$h = \frac{(\rho_m - \rho)h_m}{\rho} \quad (7)$$

Assim, a perda de carga expressa em metros na coluna de água foi de 0,27 m para o rotâmetro, de 1,51 m para o reator tubular e de 0,11 m para a válvula direcional. As perdas nesses equipamentos foram determinadas experimentalmente, pois não foram encontrados coeficientes de carga tabelados para tais equipamentos. É importante salientar que para os cálculos realizados ao longo do trabalho, todas as propriedades do mercúrio foram extraídas do Cençel e Ghajar (2012) e as propriedades da água do Himmelblau (2007).

4.3 Cálculo da perda de carga

A perda de carga distribuída foi determinada por meio da Equação (4), já h_s foi calculada pela Eq. (5). A perda de carga distribuída é função de algumas variáveis, entre elas do coeficiente de atrito. O coeficiente de atrito foi determinado pelo diagrama de Moody, que é função apenas do número de Reynolds para tubos lisos, instrumento desse trabalho. Para a determinação do número de Reynolds foi utilizada a Eq. (2). Para isso, foi obtida a velocidade média de escoamento do fluido no interior dos tubos a partir da Eq. (1). Os valores obtidos para \mathcal{V} , Re e f estão expressos na Tabela 6. É importante ressaltar que para uma reação com vazão $1,6710^{-5}$ m³/s no interior do reator, metade da vazão é fornecida pela bomba 1 e a outra metade pela bomba 2. Desta forma, o fluido que escoar no interior do tubo de uretano possuirá valores de \mathcal{V} , Re e f distintos em um ponto anterior e posterior ao reator.

Variáveis	Tubo de uretano anterior ao reator	Tubo de uretano posterior ao reator	Tubo de PV posterior ao reator
\mathcal{V} (m/s)	0,24	0,48	$0,73 \cdot 10^{-1}$
Re	1785,64	3571,28	1388,58
f	$0,36 \cdot 10^{-1}$	$0,40 \cdot 10^{-1}$	$0,46 \cdot 10^{-1}$

Tabela 6 – Valores de \mathcal{V} , Re e f

A perda de carga nos sistemas 1 e 2 foi dividida em três trechos: a perda de carga no tubo de uretano anterior ao PFR, a perda de carga no tubo de uretano posterior ao PFR e a perda de carga no tubo de PVC. Salienta-se que a perda de carga foi dividida em dois trechos no tubo de uretano, consequência da diferença de velocidade do fluido em cada trecho. Os valores totais obtidos de h_d e h_s ao longo de todo o sistema estão expostos na Tabela 7.

Sistema	h_d (m)	h_s (m)
1	0,16	0,04
2	0,17	0,04

Tabela 7 – Valores totais de h_d e h_s

A perda de carga localizada em cada um dos acessórios descritos nas Tabelas 4 e 5, foi calculada tomando o cuidado em utilizar a velocidade do fluido naquele ponto específico. O coeficiente de carga usado para cada um dos acessórios presentes no módulo está expresso na Tabela 1.

4.4 Determinação da altura manométrica

Para o cálculo da altura manométrica de cada sistema a equação de Bernoulli modificada foi aplicada entre os pontos de sucção (S) e recalque (R) do líquido, indicados na Fig. 3. Conforme demonstrado pela Equação (6), para a determinação da altura manométrica é necessário a obtenção da diferença de pressão, da variação de velocidade, da diferença de nível (Z_R) entre os pontos e da perda de carga total. A diferença da pressão (Δp) entre os pontos de sucção e recalque foi obtida por meio da Eq. (8).

$$\Delta P = \rho g(H_R - H_S) \quad (8)$$

Em que H_S é a altura da coluna de fluido acima do ponto de sucção e H_R é a altura da coluna de fluido acima do ponto de recalque. O valor de H_R foi de 0,71 m e de H_S de 0,42 m, para os dois sistemas, uma vez que os pontos de referência foram os mesmos. Assim a diferença de pressão obtida para ambos os sistemas foi de 2826,67 Pa. Já a diferença de nível foi de 1,00 m, também para os dois sistemas. Já o termo referente à diferença de velocidade foi desconsiderado, uma vez que a sua contribuição em H_m é mínima, em consequência a baixa vazão de trabalho. A perda de carga total em cada sistema foi obtida pela soma de h_d , de h_s e das perdas de carga experimentais.

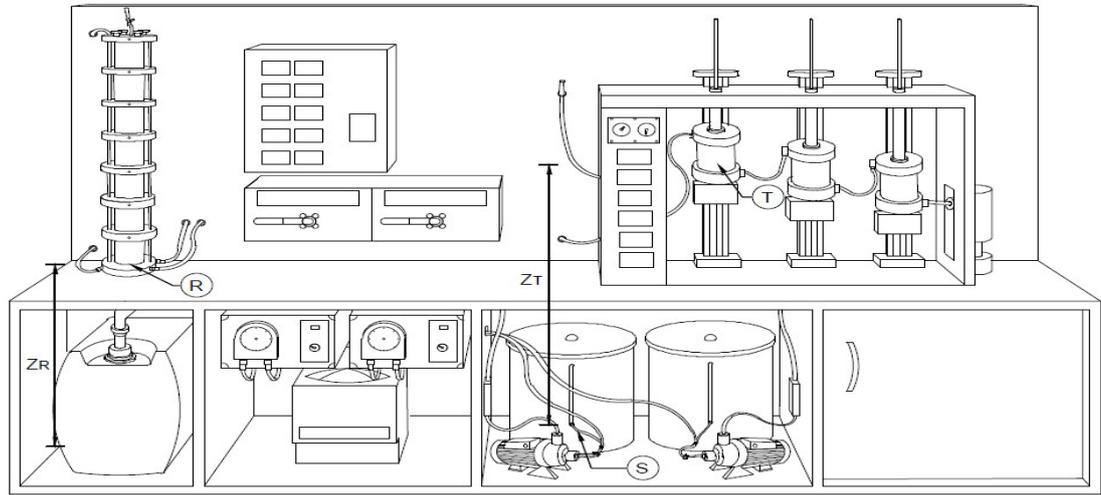


Figura 3 – Esquema da parte frontal do módulo com a indicação dos pontos de sucção (S) e recalque (R).

5 | CONCLUSÃO

Os valores de H_m obtidos indicam a quantidade de energia por unidade de peso que os sistemas de estudo necessitam de acordo a vazão de trabalho. Esses valores foram calculados levando em consideração a energia já existente na linha de sucção e a energia necessária na linha de descarga do fluido. Assim, a partir dos dados de perda de carga total, de diferença de pressão e diferença de nível, foi possível determinar H_m , que para o sistema 1 foi de 3,38 m e para o sistema 2 foi de 3,40 m. O valor semelhante da altura manométrica entre os sistemas já era esperado, uma vez que os dois apresentam os mesmos elementos responsáveis pela perda de carga e a mesma vazão de operação. A maior altura manométrica do sistema 2 ocorre em consequência da maior perda de carga distribuída desse sistema.

REFERÊNCIAS

- BRUNETTI, Franco. **Mecânica dos fluidos**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008. 431 p.
- CENÇEL, Yunus A.; CIMBALA, John M..**Mecânica dos fluidos: Fundamentos e Aplicações**. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda, 2012. 816 p.
- FOX, R. W.; PRITCHARD, P. J.; McDONALD, A. T..**Introdução à mecânica dos fluidos**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011. 710 p.
- HIMMELBLAU, D.M..**Engenharia Química Princípios e Cálculos**. 7 ed.. Rio de Janeiro. Guanabara Dois. 2007. 846 p.
- LIVI, Celso Pohlmann. **Fundamentos de fenômenos de transporte: Um texto para cursos básicos**. Rio de Janeiro: Ltc, 2010. 206 p.
- MACINTRYRE, Archibald Joseph. **Bombas e Instalações de Bombeamento**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 1997. 782 p.

NETTO, Azevedo et al. **Manual de hidráulica**. 8. ed. São Paulo: Edgard Bucher Ltda, 1998. 342 p.

OLIVEIRA, Raissa Costa de. “**Estudo da não-idealidade de reatores tubulares a partir da determinação de suas distribuições de tempos de residência e validação dos resultados**”. 2016. 46 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais, Montes Claros, 2016.

SOUZA, Pedro Henrique Al. “**Apresentação dos cálculos para seleção de bomba para sistema de reaproveitamento de água de poços artesianos**”. 2014 68 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Mecânica, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

ESTATÍSTICA COMO ELEMENTO NORTEADOR DO TRABALHO COM CONCEITOS MATEMÁTICOS NOS ANOS INICIAIS

Daiani Finatto Bianchini

IFFarroupilha- Campus Santa Rosa, RS

Cátia Maria Nehring

UNIJUI - PPGEC - GEEM, Ijuí, RS

RESUMO: Esta produção é um desdobramento da pesquisa de mestrado, cujo objetivo foi investigar as práticas estatísticas de professoras dos anos iniciais. O resultado dessa pesquisa indicou que mesmo havendo, por parte de professoras, o reconhecimento de que a estatística é importante e necessária para o exercício da cidadania participativa, e que seu desenvolvimento pode iniciar na infância, há dificuldades no trabalho com este campo de conhecimento matemático. Neste artigo propomos a seguinte problemática: havendo o reconhecimento de que a estatística é necessária para o exercício da cidadania participativa, e que seu desenvolvimento pode iniciar na infância, porque ainda há tanta dificuldade no trabalho deste campo de conhecimento matemático, por professoras dos anos iniciais? Os dados empíricos foram produzidos, a partir de planejamentos de professoras dos anos iniciais, os quais indicam que as dificuldades estão relacionadas especialmente a dois fatores: *questões conceituais*, que indicam a fragilidade referente ao campo estatístico e organizacional do currículo da matemática; e

questões da constituição docente, que apontam a complexidade das competências exigidas para o professor que atua nos anos iniciais e os desafios que se apresentam para formação desse profissional, fatores que contribuí diretamente para práticas efetivas de educação estatística.

PALAVRAS-CHAVE: Educação Estatística. Constituição Docente. Formação. Professoras dos anos iniciais.

STATISTICS AS A NORTEADOR ELEMENT OF WORK WITH MATHEMATICAL CONCEPTS IN INITIAL YEARS

ABSTRACT: This production is the development of a master's research, whereof purpose was to investigate the statistical practices from the initial years' teachers. The research's outcome betokened that although there is a recognition by teachers, about how statistics are important and necessary for the participatory citizenship's exercise, and how its development could begin in childhood, there are difficulties in working with this mathematical knowledge field. In this article, we propound the following problematic: even though there is an awareness that the statistic is necessary for participatory citizenship's exercise, and it could start its development in childhood, why the intricacy, led mainly by

the initial years' teachers, still surrounding this mathematical knowledge field? The empirical data were produced by planning from the aforementioned teacher, which imply that the difficulties are related specially to two factors: *conceptual issues*, which evince the fragility related to the statistic and organizational field of the mathematics curriculum; and the *teacher constitution*, which denote the complexity of the adroitness demanded for the teacher who works in the initial years and the challenges that appear for the professional's formation, factors that contributes directly to effective practices of the statistical education.

KEYWORDS: Statistical Education. Teacher Constitution. Formation. Initial Years' Teacher.

1 | CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

Este texto toma como referência principal os resultados produzidos na pesquisa de mestrado da primeira autora, com orientação da segunda. A escolha da temática estatística para os anos iniciais, justifica-se por estarmos frequentemente diante de diferentes e renovadas informações, advindas de diversas fontes e segmentos da nossa sociedade. Desta forma, ter conhecimento de estatística tornou-se, fundamental, especialmente para o exercício da cidadania reflexiva e participativa, tanto em decisões individuais como coletivas, sendo que esta necessidade não é exclusiva dos adultos, uma vez que tanto estes quanto as crianças estão expostos a dados estatísticos (LOPES, 2010).

Essa centralidade, que advém de demanda social, proporcionou e norteou a inserção de tal temática nos Parâmetros Curriculares Nacionais - PCNs (BRASIL, 1997), a partir da proposição de um bloco de conteúdo específico que compõe a área de matemática – Tratamento da Informação – a ser desenvolvido em todo o Ensino Fundamental, inclusive nos anos iniciais, visando o desenvolvimento do letramento estatístico.

Para Lopes e D'Ambrósio (2015, p.17) “a matemática e a estatística são duas ciências distintas, com características próprias e o desenvolvimento das duas formas de raciocínio é essencial à vida contemporânea”. No espaço escolar, porém, entendemos que a estatística integra a área de matemática como um dos campos de estudos assim como a álgebra, a geometria, a aritmética e precisa ser valorizada e desenvolvida com a mesma atenção que os demais campos e conceitos inerentes.

Desta forma, na medida em que a estatística é proposta a integrar o currículo prescrito dos anos iniciais, surge a necessidade de investigar os desdobramentos dessas orientações nas práticas pedagógicas das professoras que atuam neste nível de ensino, a fim de conhecer a intencionalidade e o modo como vem sendo planejado e desenvolvido o processo de ensino desses conceitos. Assim traçamos o problema central da pesquisa desenvolvida no mestrado (BIANCHINI, 2013), que era conhecer quais práticas estatísticas para os anos iniciais são produzidas

pelas professoras e como estas práticas podem ser compreendidas mediante as teorizações da educação estatística e da estatística crítica.

Como resultado da pesquisa de mestrado (BIANCHINI, 2013), foi possível afirmar, que as professoras, participantes reconhecem a legitimidade do trabalho com o campo estatístico e têm práticas já constituídas em suas ações pedagógicas, porém tais práticas ainda podem ser consideradas reduzidas e reducionistas. São consideradas reduzidas, porque têm 'tempo e lugar' para acontecer, estão condicionadas a aprendizagens anteriores e, em alguns casos, ao 'amadurecimento' das crianças. São reducionistas porque não exploram o processo de tratamento dos dados e apresentam dificuldades em articular o campo estatístico aos demais campos matemáticos.

A maneira como as professoras narram suas experiências e seus entendimentos da estatística nos permitiu ampliar o entendimento, do campo estatístico para a área da matemática. É preciso reconhecer a importância e a necessidade de um "espaço" para a estatística no planejamento da matemática, que no nosso entendimento, traz a estatística como um elemento norteador de conceitos devido as suas características que são: "focalizar os números em contextos que se constituem como dados de um processo investigativo; analisar variáveis e casos, distribuições e variações, bem como a aleatoriedade no design de um estudo e na interpretação de resultados" (LOPES e D'AMBRÓSIO, 2015, p.17).

A partir da escuta das narrativas acreditamos que as dificuldades constatadas na proposição nas práticas pedagógicas com a estatística no currículo escolar perpassam dois aspectos: questões conceituais (campo estatístico) e questões de constituição docente. O primeiro aspecto fica evidenciado na insegurança e na falta de autonomia para propor tarefas diferentes das trazidas em materiais de apoio pedagógico, como os livros didáticos. O segundo aspecto, diz respeito às vivências e ao processo de formação que constitui cada professora em relação à matemática e que produz marcas intensas de linearidade, aprendizagem relacionada à "maturação" dos alunos em relação aos conceitos e prevalência de alguns conteúdos sobre outros.

Nosso objetivo, nesta produção concentra no segundo aspecto, a partir da seguinte problemática: havendo o reconhecimento de que a estatística é importante e necessária para o exercício da cidadania participativa, e que seu desenvolvimento pode iniciar na infância, porque percebe-se ainda tanta dificuldade no trabalho deste campo do conhecimento matemático, por professoras dos anos iniciais? Serão analisados especialmente aspectos referentes as práticas realizadas e o entendimento da área de matemática explicitadas pelas professoras, justificando assim a dificuldade do trabalho de um "novo" campo matemático, o "campo estatístico", a partir de limites da formação, para a constituição docente.

2 | O PERCURSO METODOLÓGICO

As reflexões tecidas neste artigo, tem caráter qualitativo, aproximando-se, para a produção de dados, do referencial teórico metodológico da História Oral em Educação Matemática, referenciado especialmente em Garnica (2000, 2003, 2005, 2011). Essa aproximação se deve especialmente ao fato da pesquisa considerar os sujeitos concretos como atores do processo de ensino; sendo suas práticas o alimento para as suas concepções; e as entrevistas como espaço entre pesquisador e sujeitos como a principal fonte para a produção dos dados.

Foi utilizado especificamente como referência para a análise desta produção fragmentos das entrevistas denominados de ‘depoimentos dialogados’; um planejamento de aula e o entendimento da professora, deste planejamento após sua realização.

Os ‘depoimentos dialogados’, nos permitiram uma apropriação em relação as trajetórias pessoais ligadas a vida estudantil e a escolha profissional de cada uma das seis professoras participantes da pesquisa; seus entendimentos em relação ao conhecimento estatístico no contexto escolar, a importância de se desenvolver esses saberes, que tipo de atividades desenvolvem e o que consideram importante ao elaborar o planejamento.

As entrevistas foram organizadas pela pesquisadora, a partir de temáticas pontuais. Traremos recortes, das Entrevistas 1 a 4, das seis professoras participantes. Aprofundamos, a entrevista 3 e 4 realizada com a professora 1, que considera a proposição de um planejamento e a discussão deste com a pesquisadora.

Para preservar a identidade das professoras, estas são designadas por Professora 1, Professora 2... e em cada recorte identificamos a entrevista da qual a narrativa foi extraída, ou seja, E1, E2, E3 ou E4, ficando assim identificado o recorte, Professora 1, E1, 2013, ou seja, narrativa da professora 1, da entrevista 1, realizada no ano de 2013.

O processo de produção de dados se deu pela busca de recorrências de ideias explicitadas pelas depoentes - professoras em diferentes momentos de entrevistas, ou pelas diferentes depoentes, em momentos distintos de entrevistas. Estes foram analisados tendo como referencial a análise textual discursiva que segundo Moraes e Galiuzzi (2011), sendo esta uma metodologia de análise de dados e informações de natureza qualitativa, com a finalidade de produzir novas compreensões sobre fenômenos e discursos, representando um movimento interpretativo de caráter hermenêutico.

Destacaremos dois focos de análise: as experiências vividas e as relações com as práticas atuais; e a organização do ensino: da linearidade as práticas sociais. Para a análise do primeiro foco utilizaremos recortes da Entrevista 1 e 2. O segundo foco se configura como uma possibilidade de repensar a linearidade e tomar as práticas sociais como motivação para o estudo da estatística e para isto analisamos

especificamente o trabalho desenvolvido pela professora 1, do 3º ano, durante as entrevistas 3 e 4. Tais entrevistas se referem ao planejamento e ao relato de uma prática efetivada com foco na educação estatística. Para realizar este relato, a professora socializou com a pesquisadora os materiais produzidos por ela e por seus alunos durante a realização das atividades, especialmente os cadernos onde os registros aconteciam.

3 | EXPERIÊNCIAS VIVIDAS E AS RELAÇÕES COM AS PRÁTICAS ATUAIS

Refletir a respeito do ensino de estatística nos anos iniciais, buscando compreendê-lo através dos discursos das professoras, é uma tarefa que transcende a análise dos relatos das práticas efetivamente realizadas por elas. Assim como Tardif (2011), compreendemos que a constituição identitária que se dá ao longo da trajetória de vida de cada sujeito “se expressa e se imprime nos saberes profissionais dos professores e mais especificamente nos saberes experienciais” (TARDIF, 2011, p. 107), no qual percebe-se muito mais continuidade do que ruptura entre o conhecimento profissional do professor e as experiências pré-profissionais.

Dessa forma, nossa busca primeira foi conhecer a história que constituiu cada uma das professoras voluntárias da pesquisa, dando ênfase às relações atribuídas à matemática.

Inicialmente, buscamos conhecer as memórias de cada depoente em relação a sua vida estudantil até a escolha em ser professora de anos iniciais. Os primeiros anos da trajetória escolar das depoentes indicam uma relação de indiferença em relação à matemática, não havendo destaque aos aspectos negativos, mas uma constatação de que a metodologia de trabalho vivenciada não as levou a significar a aprendizagem de matemática no Ensino Fundamental.

Eu me lembro da aula de matemática assim: a disposição era sempre de filas, não me lembro da gente trabalhando em grupo ou de outra maneira, tinha sempre bastante silêncio na sala, e a profe explicava o conteúdo usando sempre o quadro verde, e nós em silêncio. Não lembro de alguma coisa diferente. ***Tinha o exercício, como se resolvia e depois nós tínhamos as atividades do livro e eram repetidas e repetidas, e era assim: siga o modelo, e às vezes aí até o final do alfabeto de tantos que tinha.*** (Professora 1, E1, 2013, grifo nosso).

O excerto acima explicita o processo de construção histórica do ensino da matemática escolar, apoiada na memorização e na execução de cálculos, com currículos linearmente construídos produzindo uma prática excessivamente fechada e muitas vezes desvinculadas da problematização. Este processo histórico ainda está muito presente nas práticas matemáticas conforme obra de Becker (2012). O autor ao pesquisar trinta e quatro professores de matemática do Rio Grande do Sul, destaca as fortes convicções que relacionam a aprendizagem da matemática, a memória e a linearidade. A pesquisa de Becker (2012), reforça o relato da Professora 1:

A matemática [...] tens que exercitar sempre, matemática é repetição. [...] O aluno só vai aprender se ele fizer várias vezes. Porque se não aprendeu o de trás [pré-requisito], não vai aprender o da frente. (Professora de matemática de quinta série) (BECKER, 2012, p.303)

[...] há três maneiras de se aprender matemática, cada uma melhor do que a outra. Uma seria fazer exercícios, muitos exercícios para tentar resolver problemas [...] a segunda maneira, melhor ainda, seria fazer bastante exercícios, bem mais, e a terceira maneira que seria melhor ainda, se matar de fazer exercícios, fazer muito exercício, até se estrebuchar no chão. (Professor universitário de matemática, de graduação, mestrado e doutorado). (BECKER, 2012, p.303)

Para Becker (2012) estas concepções instauram uma irracional concepção de aprendizagem e sustentam a sobrevivência de concepções epistemológicas do senso comum. O exercício de algoritmos é algo muito presente e a resolução de problemas continua num horizonte distante, enquanto um processo didático na elaboração de conceitos matemáticos.

Nos anos iniciais, porém, parece haver uma grande abertura para novos modos de pensar e fazer matemática, no entanto estes novos modos implicam em um conhecimento conceitual e um entendimento amplo em relação ao trabalho pedagógico com conceitos matemáticos.

Durante a primeira entrevista dialogamos com as professoras a respeito de como elas se percebem enquanto professoras polivalentes tendo que ensinar conceitos matemáticos. Neste sentido, há a defesa, de que o trabalho desenvolvido atualmente em suas práticas tem diferença das experiências vividas quando no período de estudantes. Entretanto não há, de fato, uma compreensão do motivo pelo qual essas mudanças aconteceram, quem as provocou, qual é o sentido de mudar, o que se espera desse novo jeito/modo de trabalhar. Não sendo um processo de mudança conscientemente crítico, torna-se frágil, e ancora-se apenas em mudanças relacionadas ao currículo prescrito e algumas metodologias.

[...] Eu penso que a proposta de trabalho da matemática deve ter mudado [...]
Agora há esta forma um pouco mais dinâmica de trabalhar do que foi a nossa caminhada escolar. [...] Eu acho que **a matemática deve ter avançado** [...] eu acho que foi estes **avanços na área da matemática**; talvez terem percebido que ela precisa chegar de uma outra maneira para os nossos alunos – eu não fiz o curso de matemática para saber destas mudanças – mas penso que isto deva ter sido questionado pelos estudiosos da matemática com os professores, para que chegue de uma maneira diferente, mais acessível, mais atrativa, mais compreensível de poder ligar com a realidade. (Professora 1, E1, 2013, grifos meus).

Uma destas ‘mudanças’, considerada como avanço, no ensino da matemática foi à inserção da estatística no currículo escolar, de modo que as professoras percebem a potencialidade de aproximar a matemática de contextos significativos e problematizadores por meio do campo estatístico. Desta forma retomamos a questão que orienta este artigo: porque percebe-se ainda tanta dificuldade no trabalho deste campo de conhecimento matemático?

Além da fragilidade conceitual apresentada pelos professores ao planejar

práticas estatísticas há uma falta de compreensão de como articular o currículo de matemática de forma a trabalhar os quatro blocos de conteúdos indicados nos PCNs (BRASIL, 1997): Números e Operações; Espaço e Forma; Grandezas e Medidas e Tratamento da Informação. Há uma supervalorização do trabalho com os números e as operações, que para as professoras dos anos iniciais é o grande objetivo do trabalho com a matemática conforme podemos observar nos fragmentos abaixo:

[...] Com os maiores, como 3º ano, então sim é importante tu construir para eles visualizarem o que é um gráfico, mas com os pequenos não necessariamente. **Hoje eles recém tão associando os números à quantidade.** (Professora 4, E2, 2013, grifo nosso).

[...] eu não estou trabalhando estatística ainda, **eu estou trabalhando muito com eles assim, de esquerda, de direita, de menor, de maior, de antecessor e de sucessor, eles não entendem isto ainda.** (Professora 6, E2, 2013, grifo nosso).

Há um compromisso de trabalhar prioritariamente os números e as operações e através de repetidos exercícios para depois trabalhar os demais blocos. Nesta prática fica evidenciada outra forte marca do trabalho desenvolvido na matemática escolar, a linearidade.

No entendimento de Pires (2000), a linearidade é representada ora pela sucessão de conteúdos que devem ser dados numa certa ordem, ora pela definição de conceitos que precisam vir antes, ou seja, informações/habilidades que precisam ser dominadas pelo aprendiz, antes que lhe dê acesso a outros conteúdos. A autora ressalta que esse entendimento conduz a uma prática excessivamente fechada, em que há pouco espaço para a criatividade, para a utilização de estratégias metodológicas, como a resolução de problemas, para a abordagem interdisciplinar, para o estabelecimento de relações entre os diferentes campos matemáticos. Exemplifica dizendo que algumas temáticas, como a probabilidade, talvez nunca sejam trabalhadas na educação básica, se considerarmos um currículo linear.

A vivência de uma matemática com conceitos desencadeados linearmente, que privilegia os números e as operações, pautada no paradigma do exercício, faz com que ainda hoje, seja este o entendimento que temos a respeito do trabalho a ser desenvolvido em matemática. Desta forma, o trabalho pautado na resolução de problemas interligando os diferentes campos matemáticos fica fora do planejamento do professor. O próximo item descreve como as práticas sociais, ponto de partida para o trabalho com a estatística crítica, pode contribuir para romper com a linearidade no currículo de matemática e trazer a estatística como elemento norteador dos conceitos matemáticos.

4 | ORGANIZAÇÃO DO ENSINO, DA LINEARIDADE AS PRÁTICAS SOCIAIS

No subitem anterior tentamos explicitar que os entendimentos dos professores

a respeito de como ensinar matemática e a forma como organizam este ensino, são fatores determinantes para que possamos desenvolver um trabalho com o campo estatístico. A intencionalidade das escolhas em relação ao “o que ensinar” e “como ensinar” fazem parte da organização do currículo escolar, articulando não apenas os diferentes conteúdos dos diferentes campos matemáticos, mas a forma como os relacionamos ou ainda o tempo que dispensamos ao trabalhá-los.

Acompanhamos no decorrer da nossa pesquisa, o trabalho de uma professora de 3º ano, que ao reconhecer a necessidade do trabalho com educação estatística se propôs a vivenciar uma prática que pudesse transcender as propostas sugeridas pelos livros didáticos adotados e tomasse como referência uma situação problematizada a partir da estatística. O planejamento inicial desta prática foi construído dialogicamente entre a professora e a pesquisadora, mas ganhou novos delineamentos a partir de sua efetivação em sala de aula, isto porque tomar as práticas sociais como ponto de partida para a prática pedagógica requer flexibilidade, considerando o rompimento da linearidade e a inserção de novos conceitos.

A professora trabalhou com a temática ‘água’ em uma turma de 3º ano, dos anos iniciais do Ensino Fundamental. Seu desejo inicial era explorar as informações contidas na conta de água, problematizando o consumo mensal/anual, a variabilidade deste consumo, consumo máximo e mínimo e o valor a ser pago. No planejamento inicial da professora, discutido em uma entrevista com a pesquisadora, constatamos uma ‘dificuldade’: o consumo da água é medido em m^3 e para significar o que os valores iriam representar, seria preciso incluir o estudo de capacidade para além do mililitro e do litro previsto no currículo para o 3º ano. Além disso, era preciso explorar o conteúdo ‘medidas de capacidade’ que seria desenvolvido no terceiro trimestre já no primeiro, aproximando as duas temáticas: água e medidas de capacidade.

No planejamento, optou-se por trabalhar com uma leitura de dados reais (conta de água), estamos trabalhando com uma prática que é social e por ser social, é real e complexa. Não está ordenadamente organizado como no plano de estudos, ou seja, no currículo escolar. Como podemos fazer um planejamento para ajudar as crianças a significar este fato complexo, que exige o entendimento de metro cúbico? Ou ainda se fizermos um planejamento intencionalmente direcionado, para o ensino do metro cúbico para as crianças do 3º ano será de fato algo complexo? Será que eles vão ter condições de compreender? Estas foram algumas das questões realizadas pela professora, junto a pesquisadora.

Para enfrentar as questões iniciais, a professora precisou planejar conjuntamente o trabalho que desenvolveria com foco nas ciências (tratamento, ciclo e estados físicos da água) e conceitos relacionados ao bloco tratamento da informação e grandezas e medidas (capacidade, valor em reais, consumo). Planejou uma visita a Companhia Rio-grandense de Saneamento - CORSAN, onde teve informações sobre o volume de água tratada no município diariamente e como era feito este processo. Uma visita a casa de um aluno que tinha piscina e uma caixa d’água externa. Foram

oportunidades que as crianças tiveram em conhecer, buscar informações e iniciar o processo de significação para palavras que até então não faziam sentido, como volume expressos em unidades de medidas múltiplas do litro.

Em sala de aula vivenciaram atividades que incluíram o trabalho com as unidades múltiplas e sub-múltiplas do litro, buscando relações de capacidades entre elas. Como por exemplo, quantas garrafas de 250 mililitros cabem em uma garrafa de um litro? Ao desenvolver as atividades de relações entre as capacidades utilizando embalagens, a professora pode também intensificar o trabalho com os números (centena simples e milhar) e as operações de adição, subtração, multiplicação e divisão em forma de problemas matemáticos.

Nesta esta etapa do trabalho e considerando as dificuldades encontradas pelos alunos, a professora argumenta:

A gente foi fazendo, quantas embalagens de 'Todinho', 200 ml, cabem dentro da embalagem de uma latinha de refrigerante que são 350 ml. Eles colocaram a primeira, e agora? Eles iam despejando a segunda, não entrou. Então agora vamos fazer o cálculo no quadro. Nós fizemos $200+200$ deu 400 por isto que não entrou porque só cabe 350 ml. Então íamos brincando e comprovando. Quanto falta? Quanto sobra? Este diálogo todo. (Professora 1, E4, 2013).

Compreendendo as relações possíveis entre as unidades de capacidade foi possível iniciar o trabalho com a conta de água. Inicialmente uma leitura do contexto, das informações gerais como: usuário, endereço, leitura atual e anterior, data de vencimento entre outras informações, possibilitaram o contato das crianças com a leitura de um tipo de texto diferente dos usualmente utilizado, exigindo novas compreensões. Foi observado pelas crianças que a conta de água traz as informações dos últimos seis meses de consumo, exigindo a utilização de duas contas para se poder observar a variação ao longo de um ano. A partir da leitura inicial foi lançada a questão a ser investigada: Qual o mês de maior e menor consumo de água desta família? A pergunta pressupõe uma resposta que se baseia em dados que variam, sendo entendida então como uma questão estatística. Para Viali (2016, p.5) “o principal objetivo da educação estatística é desenvolver no aluno o pensamento estatístico que por sua vez lida, em grande parte, com a variabilidade. O foco na variabilidade dos dados é o principal elemento que diferencia a estatística da matemática”. Neste sentido as crianças foram instigadas a pensar, argumentar sobre o consumo de água e sugerir (estimar) em qual mês do ano o consumo seria maior e qual mês seria menor.

A partir de então, as informações foram retiradas da conta e transformadas em uma única tabela, que trouxe o consumo anual de uma família. Posteriormente, trabalharam com uma malha quadriculada transformando as informações da tabela em um gráfico de colunas, que pode ser interpretado e utilizado para organizar “problemas matemáticos” envolvendo os números e as operações.

Organizamos ela (a tabela). Ficou visível e então eu pude questionar: qual o mês de menor consumo? Olharam e responderam: foi Junho. O mês de maior consumo

que foi o mês de fevereiro. (Professora 1, E4, 2013).

Neste momento a ênfase do trabalho foi no ponto de máximo e de mínimo, se haviam valores repetidos (moda), comparação entre dois pontos do gráfico (maior e menor consumo), valor total a ser pago por cada conta de água e ao final de um ano. Outro aspecto interessante que podemos destacar nesta prática foi a possibilidade de comparar os resultados mensais, do consumo expresso em cada conta, a necessidade de consumo da água naquele período do ano, isto é, a variabilidade de dados influenciada pelos fenômenos climáticos, que no Rio Grande do Sul, especialmente são bastante contrastantes, um verão muito quente e um inverno muito frio. Os alunos foram instigados a pensar sobre o motivo pelo qual o mês de fevereiro teve o ponto de máximo e junho o ponto de mínimo.

Mas porque no mês de junho o consumo foi menor? Por que no mês de fevereiro o consumo foi maior? Eu fui anotando, no quadro, algumas respostas dos alunos:

"Pode ter lavado o carro com mangueira";

"O sol ficou forte e evaporou a água da piscina e tiveram que encher"; (relacionando à ideia da evaporação);

"Receberam mais visitas então tinha mais gente para tomar banho";

"Porque no verão toma mais banho";

"O banho no verão é mais demorado e no inverno é mais curto";

"No inverno suamos menos e daí precisa tomar menos banho"; (Professora 1, E4, 2013).

Desta forma foi possível finalizar o processo de tratamento de dados, respondendo o problema inicial, considerando os dados expressos no gráfico ou na tabela. Campos, Wodewotzki e Jacobini (2011) destacam que a habilidade de comunicação estatística envolve a leitura, a escrita e a troca de informações estatísticas, relacionando-se à passagem/tradução da informação para outra pessoa, de forma que se torne compreensível. Assim, pretende-se que as crianças soubessem explicar os resultados obtidos e a partir deles argumentassem com os demais suas ideias ou conclusões, podendo estas ser orais ou escritas. A comunicação dos resultados aconteceu de forma oral e com a elaboração de pequenos textos sobre a temática trabalhada.

Podemos considerar que a intenção de trabalhar estatística utilizando uma conta de água extrapolou os conceitos e conhecimentos deste campo. Houve para além do trabalho com a tabela e o gráfico, um trabalho interdisciplinar rico envolvendo especialmente ciências e português. Na área de matemática, pode-se afirmar que todos os quatro blocos de conteúdos propostos pelos PCNs (Brasil, 1997) foram articulados: Espaço e Forma e Grandezas e Medidas, ao desenvolver o

trabalho com embalagens e sua capacidade; Números e Operações ao problematizar questões de capacidade ‘quanto cabe’ e ao compreender e interpretar os gráficos e buscar relações entre os meses de maior e menor consumo através de problemas matemáticos.

A prática relatada explicita como a educação estatística pode ser assumida como elemento norteador do trabalho com conceitos matemáticos auxiliando na articulação entre os quatro blocos de conteúdos matemáticos, deixando de ser entendido como algo a mais para ser trabalhado no currículo escolar, mas sim como um campo matemático, para compreender uma realidade a partir dos conceitos matemáticos.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O relato da prática vivenciada com os alunos do 3º ano, nos apresenta indícios de que, através de um planejamento dialogado é possível repensar a estrutura linear, inserir novos elementos conceituais ao currículo e mobilizar os diferentes campos matemáticos. Assim como destaca Nacarato (2005), o processo de formação docente ganha maior significado quando assumido pelo grupo de professores através de um trabalho colaborativo:

É central para o processo de desenvolvimento profissional uma prática pautada no trabalho colaborativo, em que os docentes se sentem a vontade para relatar seus sucessos e fracassos. Os sucessos contribuem para a formação dos colegas e a incorporação de novas práticas; os fracassos quando discutidos e refletidos, possibilitam a busca de alternativas e a multiplicidade de caminhos e estratégias [...] O professor aprende e incorpora novas práticas tendo como ponto de partida os saberes experienciais compartilhados. Esses saberes podem ser trazidos, socializados e discutidos pelo grupo e ressignificados mediante leituras provenientes das ciências da educação. (NACARATO, 2005, p.192)

Assumir a educação estatística como elemento norteador para conceitos matemáticos é uma possibilidade de trabalho que agrega a contextualização e a interdisciplinaridade, capazes de ‘mobilizar’ a rígida linearidade do currículo de matemática. Investir em um espaço de formação reflexivo e continuado potencializado pela ação coletiva faz-se necessário, na perspectiva da constituição de ser professor. A dinamicidade, a diversidade e as experiências distintas compartilhadas em um grupo de trabalho, unidas por uma temática de interesse comum, trazem o reconhecimento de que, ao dialogar, damos-nos conta que nossos saberes são limitados e provisórios, o que nos exige um processo de reflexão permanente

Acreditamos que o professor que ensina matemática nos primeiros anos de escolarização deve, no decorrer de sua formação acadêmica, dominar um repertório de saberes que envolva não só conhecimentos específicos ou os conhecimentos pedagógicos (metodológicos), mas principalmente o de articular esses saberes com a prática em sala de aula, transformando-os em conhecimentos curriculares. (CIRÍACO e TEIXEIRA, 2014, p.162)

Dessa forma, o professor terá condição de assumir o protagonismo esperado

ao planejar o currículo e conseguirá transpor algumas ideias que limitam o trabalho pedagógico, constituindo-se efetivamente em professor a partir de práticas coletivas, reflexivas de formação.

Buscamos compreender de forma clara e teoricamente orientada o processo de implementação da estatística nos primeiros anos de escolarização. Muitas realidades e possibilidades emergiram a partir da vivência na pesquisa, e a partir de então temos refletido sobre as conclusões provisórias que chegamos ao final do estudo. Como forma de avançar e contribuir para as discussões no campo estatístico na área da matemática tomou-se como propósito responder à seguinte questão norteadora: havendo o reconhecimento de que a estatística é importante e necessária para o exercício da cidadania participativa, e que seu desenvolvimento pode iniciar na infância, porque se percebe ainda tanta dificuldade no trabalho deste campo de conhecimento matemático?

Defendemos ao longo deste texto, a partir dos dados empíricos, que as dificuldades para a vivência deste campo matemático apresentam-se sob dois aspectos: questões conceituais (campo estatístico) e questões de constituição docente, sendo este último o foco principal de nossas argumentações. Assim, afirma-se que os entendimentos que constituem os saberes experienciais das professoras participantes da pesquisa são ‘atravessados/influenciados’ por ‘marcas históricas’ que relacionam o ensino da matemática a linearidade e a um ensino que privilegia os números e as operações, pautado no paradigma do exercício, o que para Becker (2012), são concepções epistemológicas do senso comum. Para este autor “o ensino da matemática não só opera com uma visão epistemológica própria do senso comum, mas o faz de uma forma emblemática, servindo de certa forma de “paradigma” (equivocado) para todo o ensino”. (BECKER, 2012, p.12)

As questões de entendimento que cada professor alimenta sobre ‘o que’ se deve ensinar, ‘o que se ensina primeiro’ e ‘como’ se ensina ou ainda como o ‘aluno’ aprende, são questões que acabam ‘fechando’ ou ‘abrindo’ o planejamento às novas possibilidades de trabalho como, por exemplo, o campo estatístico. Na prática desenvolvida pela professora 1, em uma turma do 3º ano, percebe-se a potencialidade do trabalho com este campo matemático sendo um elemento norteador de diversos conceitos nos anos iniciais, indicando que é possível ressignificar constantemente nossos entendimentos e práticas. Mas para isso é necessário apoio, formação intencional. A professora identificava isso nas entrevistas, suas dúvidas e questionamentos, precisando ser referendados, apoiados pela pesquisadora, em um processo de apoio e principalmente entendimentos.

Assumir a perspectiva de um trabalho que tenha a estatística como elemento norteador dos demais conceitos, exige maior conhecimento específico deste campo (conceitual) e o entendimento didático e pedagógico de como organizar e desenvolver o ensino dos quatro blocos de conteúdos matemáticos de forma articulada. Dificilmente conseguiremos mudar nossa perspectiva de trabalho de forma individual. São muitas

dúvidas, muitas incertezas além da falta de tempo para planejar. É na formação docente, através de trabalhos coletivos, reflexões sobre as práticas realizadas que teremos espaço para contemplar uma ação intencional na constituição docente, necessária a real mudança de entendimento a respeito do ensino da matemática e principalmente o enfrentamento de dificuldades conceituais das professoras que trabalham efetivamente nos anos iniciais do Ensino Fundamental.

REFERÊNCIAS

BECKER, F. **Epistemologia do professor de matemática**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2012.

BIANCHINI, D. F. **Práticas pedagógicas em estatística dos anos iniciais: realidades e possibilidades**. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2013.

BIANCHINI, D. F.; NEHRING, C. M. **Práticas estatísticas de professoras dos anos iniciais – uma discussão preliminar**. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA. Curitiba, 2013. *Anais...* Curitiba: PUCPR, 2013.

_____. **Professoras dos anos iniciais: experiências vividas e relações com a prática da matemática**. In: SALÃO DO CONHECIMENTO, Ijuí, 2013. *Anais...* Ijuí: Unijuí: 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Matemática (1º e 2º ciclos do Ensino Fundamental)**. Brasília: MEC/SEF, 1997.

CIRÍACO, K. T; TEIXEIRA, L. R. M. **Elementos constitutivos da prática pedagógica nas aulas de matemática: os saberes adquiridos nos cursos de formação inicial em Pedagogia**. In: Revista Paranaense de Educação Matemática, Campo Mourão, Pr,v.3, n.5, jul.-dez.2014.

GARNICA, A. V. M. É necessário ser preciso? É preciso ser exato? “Um estudo sobre argumentação matemática” ou “Uma investigação sobre a possibilidade de investigação”. In: CURY, H. N. (org.). **Formação de professores de matemática: uma visão multifacetada**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2000. p. 49-87.

_____. **História Oral e Educação Matemática: de um inventário a uma regulação**. In: *Zetetiké*, Campinas, v. 11, n. 19, p. 9-55, 2003. Disponível em: <http://www.ghoem.com/trabalhos_busca.php?pagi=3&no_titulo=&no_autor=&tp_trabalho=H&tipo_trabalho>. Acesso em: 4 set. 2012.

_____. **A história oral como recurso para pesquisa em Educação matemática, um estudo de caso brasileiro**. In: CIBEM, 5., Porto, 2005. Disponível em: <[http://www.educ.fc.ul.pt/docentes/jponte/.../garnica%2005\(CIBEM\).doc](http://www.educ.fc.ul.pt/docentes/jponte/.../garnica%2005(CIBEM).doc)>. Acesso em: 8 de novembro de 2013.

_____. **História Oral e História da Educação Matemática: considerações sobre o método**. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO SOBRE HISTÓRIA DA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 1., Covilhã, Portugal, 2011. Disponível em: <http://www.apm.pt/files/177852_C32_4dd79e66be182.pdf>. Acesso em: 9 set. 2012.

_____; FERNANDES, D. N.; SILVA, H. **Entre a amnésia e a vontade de nada esquecer: notas sobre o regime de Historicidade e História Oral**. In: *Bolema. Boletim de Educação Matemática*, Rio Claro, v. 25, p. 213-250, 2011.

LOPES, C. A. E. Os desafios para a Educação Estatística no currículo da Matemática. In: COUTINHO, C. de Q. S.; ALMOULOUD, S. A. **Estudos e reflexões em Educação Estatística**. Campinas: Mercado de Letras, 2010. p. 47-64. (Série Educação Estatística em Foco).

LOPES, C.A.E; D'Ambrósio, B.S. Perspectivas para a Educação Estatística de futuros educadores matemáticos de infância. In: SAMÁ, S; SILVA, M. P. M. **Educação Estatística: ações pedagógicas no Ensino Superior**. Curitiba: CRV, 2015. P.17-25.

MORAES, R; GALIAZZI, M. do C.. **Análise Textual Discursiva**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2011. (Coleção Educação em Ciências).

NACARATO, A. M. A escola como locus de formação e de aprendizagem: possibilidades e riscos da colaboração. In: FIORENTINI, D; NACARATTO, A. M. N(Orgs). **Cultura, formação e desenvolvimento profissional de professores que ensinam matemática**. São Paulo: Musa Editora; Campinas, SP: GEPFPM-FE/UNICAMP, 2005.

PIRES, C. M. C. **Currículos de matemática: da organização linear à ideia de rede**. São Paulo: FTD, 2000.

TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. Petrópolis: Vozes, 2011.

VIALI, Lori. **O ensino/aprendizagem da estatística e da probabilidade na infância**. In: ENCEPAI - Encontro de combinatória, estatística e probabilidade dos anos iniciais. Recife, 2016. Disponível em <http://anaisencepai.edumatec.net/index.php/2016-02-24-19-44-28/2016-02-25-18-07-54>. Acesso em: 31 de maio de 2016.

AÇÃO CATALÍTICA DO CATALISADOR DE 2ª GERAÇÃO DE GRUBBS NA AUTO-METÁTESE DA PIPERINA

Aline Aparecida Carvalho França

Universidade Federal do Piauí, Teresina – Piauí.

Vanessa Borges Vieira

Universidade Estadual do Piauí, Teresina – Piauí.

Thais Teixeira da Silva

Universidade Estadual do Piauí, Teresina – Piauí.

Sâmia Dantas Braga

Universidade Estadual do Piauí, Teresina – Piauí.

Ludyane Nascimento Costa

Universidade Federal do Piauí, Teresina – Piauí.

John Cleiton dos Santos

Universidade Estadual do Piauí, Teresina – Piauí.

Denise Araújo Sousa

Universidade Estadual do Piauí, Teresina – Piauí.

Alexandre Diógenes Pereira

Universidade Estadual do Piauí, Teresina – Piauí.

Benedito dos Santos Lima Neto

Universidade de São Paulo-USP, São Carlos-SP

Francielle Aline Martins

Universidade Estadual do Piauí, Teresina – Piauí.

José Luiz Silva Sá

Universidade Estadual do Piauí, Teresina – Piauí.

José Milton Elias de Matos

Universidade Federal do Piauí, Teresina – Piauí.

RESUMO: Dois heterodímeros, isômeros *cis/trans*, foram sintetizados a partir da auto-metátese de olefinas da piperina catalisada por G2 (catalisador de Grubbs de segunda geração). As condições catalíticas otimizadas

aconteceram quando os ensaios foram realizados em CHCl_3 , em temperatura de refluxo, por 96h e razão catalisador:substrato de 1:1 mol. Nestas condições, cerca de 67% do heterodímero-*trans* foi formado. Os resultados de rendimento foram aferidos pela integração dos picos do cromatograma da mistura final, e as caracterizações pela análise dos espectros de massas. Este trabalho mostrou a troca direta entre o grupo carbeno de G2 e a porção 1,3-benzodioxole da piperina, com alta seletividade.

PALAVRAS-CHAVE: Metátese de Olefinas, Catalisadores de Grubbs, Piperina

CATALYTIC ACTION OF GRUBBS'S 2ND GENERATION CATALYST IN PIPERINA SELF-METATTESIS

ABSTRACT: Two heterodimers, *cis/trans* isomers, were synthesized from olefin self-metathesis of the piperine catalyzed for G2 (Grubbs catalyst second generation). The optimized catalytic conditions occurred when the tests were performed in CHCl_3 under reflux temperature, for 96h and catalyst:substrate of 1:1 mol. In this conditions, c.a. 67% of *trans*-heterodimers were obtained. The yields results were measured by integration of the peaks of the chromatograms in the final mixture, and the

characterization was realized by mass spectrum analysis. This work showed the direct exchange between the G2 carbene group and the piperine 1,3-benzodioxole portion, with high selectivity.

KEYWORDS: Olefin metathesis, Grubbs catalyst, piperine.

1 | INTRODUÇÃO

A metátese de olefinas consiste num processo catalítico de redistribuição de ligações duplas na presença de um complexo metal-carbeno, que envolve a clivagem e a formação de novas ligações carbono-carbono. A grande vantagem das reações de metátese é o fácil acesso a moléculas e polímeros difíceis de serem obtidos por outro modo. Existem vários tipos de metátese de olefinas, dentre as quais se destacam: 1) metátese por polimerização com abertura de anel (ROMP - *ring-opening metathesis polymerization*); 2) metátese por fechamento de anel (RCM - *ring-closing metathesis*); 3) metátese por polimerização em dienos acíclicos (ADMET - *acyclic diene metathesis polymerization*); 4) metátese por abertura de anel (ROM - *ring-opening metathesis*); 5) metátese cruzada (CM - *cross-metathesis* ou XMET) e 6) autometátese (*Self Metathesis* (SM)), reação entre duas olefinas iguais. (NGUYEN, S. T.; ZILLER, W.; GRUBBS, R. H., 1993; BLACKWELL, H.E., 2000; SANFORD, M. S.; LOVE, J. A.; GRUBBS, R. H., 2001; TRNKA, T.M.; GRUBBS, R. H., 2001; GRUBB, R. H., 2003; GRUBBS, R. H., 2004; CHAUVIN, Y., 2006; HOVEYDA, A. H.; ZHUGRALIN, A. R., 2007; MATOS et al, 2007; DUMAS, et al, 2018.)

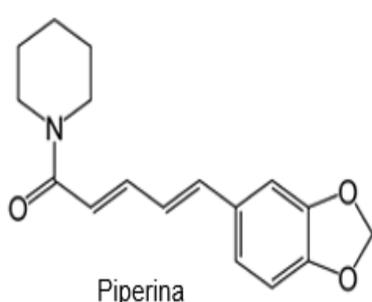
A partir do desenvolvimento de catalisadores homogêneos de estrutura bem definida, a reação de metátese de olefinas tornou-se um método bastante utilizado para a formação de ligações duplas carbono-carbono sendo amplamente empregada em sínteses orgânicas, química verde e bioquímica. A seletividade dos complexos de Ru para a ligação dupla carbono-carbono, coloca esses complexos entre os mais utilizados na reação de metátese de olefinas. O grupo de Grubbs demonstrou que complexos de Ru promovem as mesmas reações catalisadas por complexos de Mo e W, antes estudado por Schrock (catalisadores também utilizados para metátese de olefinas), além de apresentarem maior tolerância a grupos funcionais. Esses resultados levaram ao estudo e desenvolvimento de complexos de Ru que viriam a ser conhecidos como catalisador de Grubbs de 1ª e 2ª geração. Os de primeira geração apresentam uma fosfina, enquanto que os de segunda geração um carbeno N heterocíclico (NHC). (ARAKI, Y.; TOPOLOVČAN, N.; KOTORA, M.; 2017; OLIVEIRA, 2015.)

Diante disso, este trabalho teve como objetivo o estudo da ação catalítica do catalisador de Grubbs de 2º geração (G2) na auto-metátese da piperina, (Figura 1), de forma a obter novas moléculas em sistemas otimizados e que apresentem futura aplicação com ação bactericida, anti-inflamatória e analgésica.

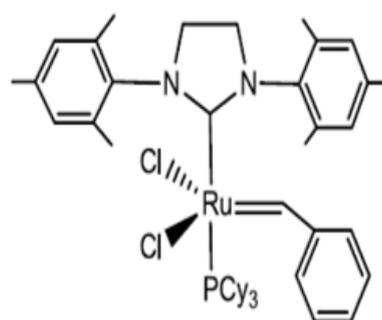
Apiperina é um alcaloide presente em várias espécies de pimenta, principalmente

a pimenta preta (*Piper nigrum* Linn.), também conhecida como pimenta do reino; uma das mais relevantes e antigas especiarias comercializada na costa oeste do sul da Índia, para diversos países. Responsável pelo aroma intenso da pimenta, a piperina pode ser encontrada em todas as partes da planta, sendo o componente majoritário dos frutos secos da pimenta do reino de onde é facilmente extraída através da preparação do extrato etanólico (KHAMIS et al, 2018).

Diversas atividades biológicas e farmacológicas já foram relatadas para a piperina: tais como ação inseticida (ROMÃO et al., 2008), antiparasitária (FERREIRA, et al, 2012), antioxidante e anti-inflamatória (YUN, et al, 2017), anticancerígena (SRIWIRIYAJAN, et al., 2016), antidepressiva (UMADEVI, DEEPTI E VENUGOPAL, 2013), analgésica, contraceptiva e antiespermatogênica (NASEEMA, 2018).



Piperina



Catalisador de Grubbs de segunda geração

Figura 1 – Representação estrutural do reagente e catalisador utilizados na reação de metátese

2 | METODOLOGIA

2.1 Procedimentos gerais

Todas as reações foram realizadas e manipuladas sob atmosfera de nitrogênio seguindo a técnica padrão de Schlenk. Os reagentes piperina, o catalisador de Grubbs de segunda geração (G₂) (Figura 1) e etil-vinil éter foram adquiridos da Aldrich e utilizados como recebidos. O solvente CHCl₃ foi adquirido pela empresa Dinâmica.

2.2 Testes catalíticos

Para obtenção de produtos através da metátese da piperina empregando catalisadores de Grubbs de 2^o geração (G₂), foi realizado o estudo da autometátese deste fitogênico. (Figura 6)

As reações foram realizadas em atmosfera de N₂(g), com a solubilização do substrato em 10 mL de clorofórmio, e em seguida a adição do catalisador G₂. O acondicionamento do sistema foi realizado seguindo a técnica de Shlenk. A mistura reacional foi mantida sob sistema de refluxo e colocada em um banho de óleo com

temperatura controlada, sob agitação magnética constante. Para finalização da reação, etil vinil éter (3 gotas) foi adicionado ao sistema.

Todas reações foram realizadas à temperatura de 50°C, com relações equivalentes de catalisador: substrato 1:1 mol e em atmosfera de N₂ por 96 h. Para a caracterização dos produtos obtidos utilizou-se Espectrômetro de Massa Acoplado ao Cromatógrafo a Gás (CG-EM). (Figura 2)

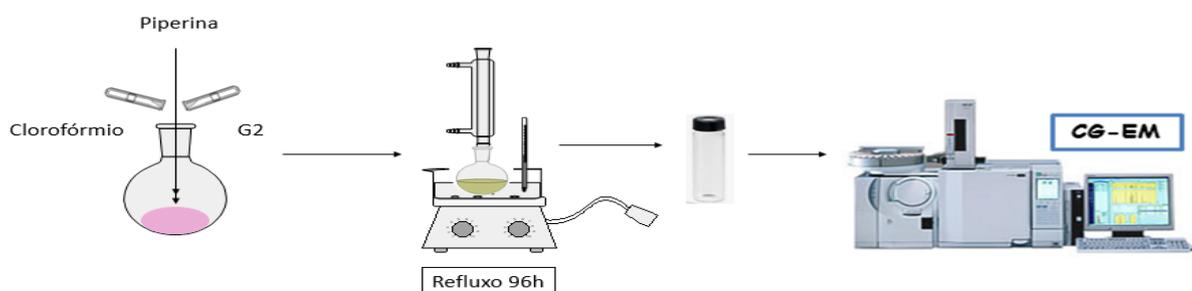


Figura 2 - Representação esquematizada da reação de auto metátese.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os primeiros ensaios catalíticos ocorreram sob temperatura de refluxo por 24h, utilizando a relação catalisador:substrato de 1:1 mol. Os resultados foram aferidos a partir da análise por CG-EM da alíquota da mistura reacional, após o tempo de síntese e adição do etil vinil éter; para finalizar a reação. Nesta análise nenhum sinal apresentou m/z compatível com algum possível produto a partir da metátese de olefinas da piperina. Porém, o pico com m/z = 296 g.mol⁻¹ relativo à triciclo hexil fosfina oxidada (OPCy₃) foi identificado. Quando G2 está em solução, ocorre a descoordenação da PCy₃ (podendo ser oxidada por traço de oxigênio presentes em solução), para possibilitar a ligação do substrato no processo catalítico. Assim como outros catalisadores ativos para metátese, alguns trabalhos relatam a observação dos ligantes de saída por diferentes técnicas de análise (GRUBBS, R. H., 2001). Apesar de não haver formação dos produtos esperados para a metátese da piperina nestas condições, a observação da OPCy₃ é um importante indício que a catálise pode ocorrer após otimização das condições reacionais.

As análises por CG-EM da mistura reacional a partir dos ensaios catalíticos com tempo reacional de 48 h, sob temperatura de refluxo e razão catalisador:substrato de 1:1 mol, apresentaram apenas dois picos, ambos compatíveis com produtos da metátese da piperina. Os picos com tempo de retenção de 11 e 12,5 min (Figura 3) apresentam mesmo perfil no espectro de massas, ambos com m/z = 238 g.mol⁻¹, são isômeros e aqui determinados como composto 1 para o isômero *trans* e composto 2 para o isômero *cis*, respectivamente, Figura 4.

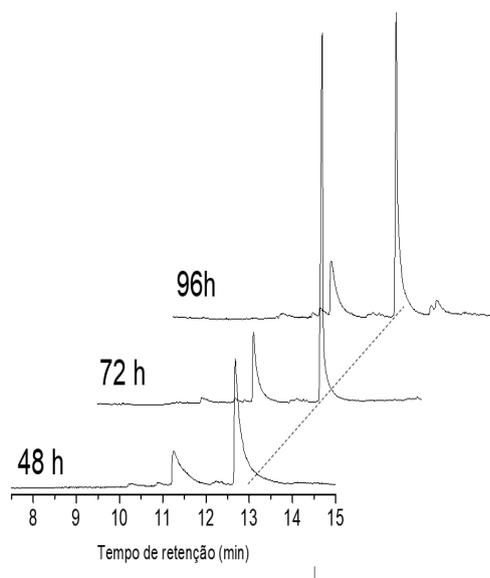


Figura 3. Análise por CG-EM, sob condições de 50°C, 48h, 72h e 96h e catalisador/substrato 1:1 mol.

Numa comparação relativa entre **1** e **2**, pôde-se notar que houve um pequeno aumento do rendimento de **1** em função do tempo. Com 48 h existe cerca de 34,7% de **2** e 65,3% de **1**, com 72 h 33,2% de **2** e 66,8% de **1** e nas reações por 96 h 32,4% de **2** e 67,6% de **1**.

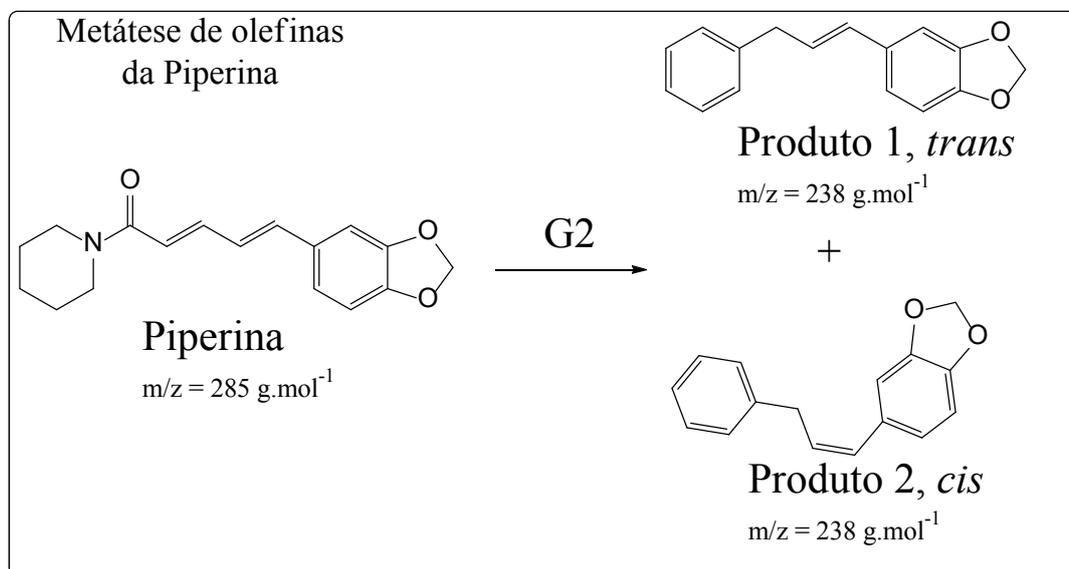


Figura 4. Representação dos produtos de metátese obtidos nos ensaios sob condições de 50°C, 48h, 72h e 96h e catalisador/substrato 1:1 mol.

O principal produto da fragmentação do composto **1**, similar ao composto **2**, é compatível com um fragmento a partir da parte 1,3-benzodioxole da piperina (biciclo na parte direita da molécula de piperina), a fração com m/z=147 g.mol⁻¹. Ainda, a fração com m/z = 104 g.mol⁻¹ é compatível com um fragmento a partir de um

grupamento fenílico; tal qual o carbeno de G2. Portanto os heterodímeros **1** e **2** são típicos produtos esperados para um processo catalítico do tipo metátese de olefinas, há a troca dos grupos ligados diretamente às olefinas. Ressalta-se que o mecanismo descrito por Yves Chauvin considera que o metal-carbeno mimetiza um olefina no processo (CHAUVIN, Y.2006).

Além dos interessantes heterodímeros **1** e **2**, um destaque neste trabalho é que não houve, nas condições otimizadas, nenhum indício de formação de produtos de metátese a partir da troca entre grupos da olefina mais próxima ao grupo acetilpiperidina da piperina, nem outro produto de reações sucessivas. Isto demonstra boa seletividade no processo catalítico. A Figura 5 apresenta algumas sequências reacionais possíveis para a metátese da piperina, que não foram observadas nas condições otimizadas devido a seletividade do processo e a Figura 6, apresenta esquemas reacionais para possíveis produtos de metátese a partir da piperina.

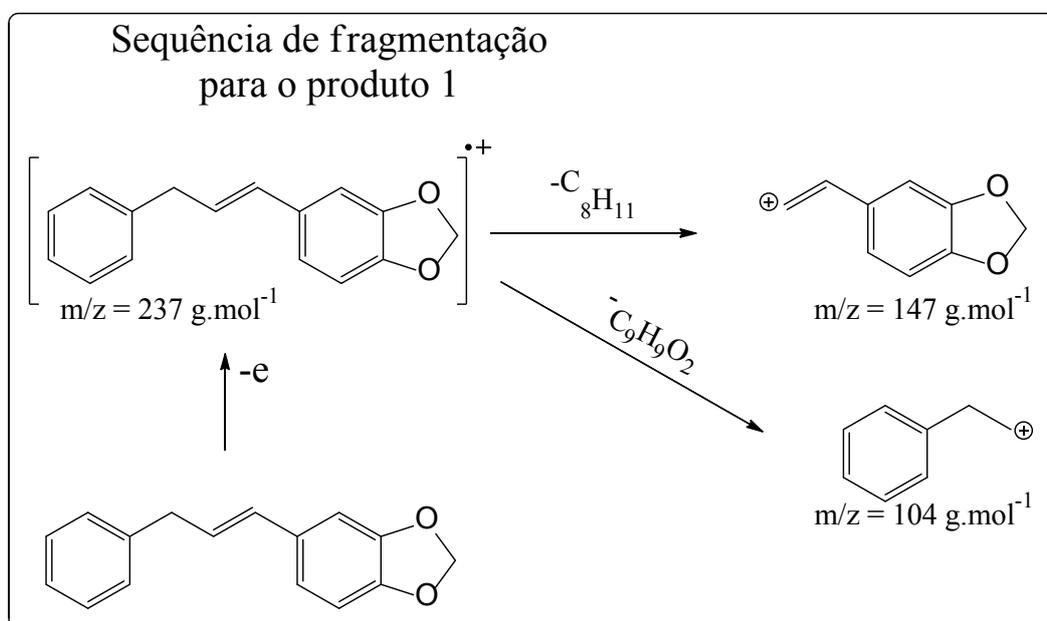


Figura 5. Mecanismo de fragmentação do produto da metátese da piperina

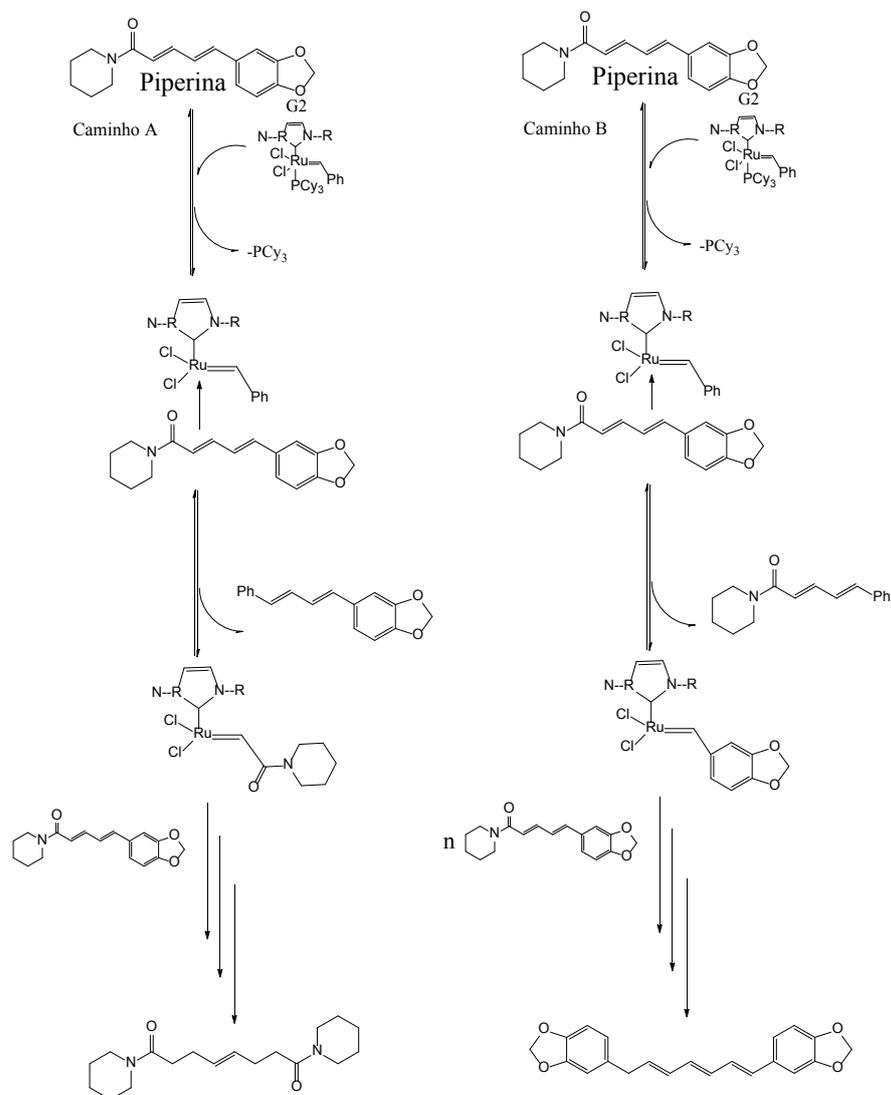


Figura 6. Esquemas reacionais para possíveis produtos de metátese a partir da piperina.

4 | CONCLUSÕES

Neste trabalho, realizaram-se ensaios catalíticos de auto-metátese de olefinas da piperina, utilizando o catalisador de Grubbs de 2^a geração (G2), em diferentes tempos reacionais, 24, 48, 72 e 96 h, com razão catalisador:substrato 1:1 mol. Os principais produtos observados foram heterodímeros a partir da troca dos grupos carbeno da porção 1,3-benzodioxole da piperina, seletivamente para dois isômeros desta molécula.

Pode-se concluir que o processo catalítico com G2 foi otimizado quando o tempo de reação foi ajustado a partir de 48 a 96h, apresentando boa seletividade nos produtos formados.

AGRADECIMENTOS

Às agências de fomento CAPES e FAPEPI (Edital 06/2018 FAPEPI/CAPES) pelas concessões de bolsa de estudo e suportes à pesquisa. Às universidades

REFERÊNCIAS

- Araki, Yasuhiro.; Topolovčan, Nikola.; Kitora, Martin. **Ru-catalyzed Cross-Metathesis of Allyl Acetate and Styrenes: a Practical Approach to Synthesis of Tripolinolate A and Its Analogs.** European Journal of Organic Chemistry. Vol. 13, p 1736-1739, 2017.
- BLACKWELL, H.E.; O'LEARY J.D.; CHATTERJEE, A.K.; WASHENFELDER, R.A.; BUSSMANN, D.A.; GRUBBS, R.H., **New approaches to olefin cross-metathesis.** Journal of the American Chemical Society, v. 122, p. 58-71, 2000.
- CHAUVIN, Y. **Olefin metathesis: the early days (Nobel lecture).** Angewandte Chemie International Edition, v. 45, p. 3740-3747, 2006.
- DUMAS, A.; TARRIEU, R.; VIVES, T.; ROISNEL, T.; DORCET, V.; BASLÉ, O.; & MAUDUIT, M. A. **Versatile and Highly Z-Selective Olefin Metathesis Ruthenium Catalyst Based on a Readily Accessible N-Heterocyclic Carbene.** ACS Catalysis, v.8, n.4, p.3257–3262, 2018
- Frederico, Daniel.; Brocksom, Ursula.; Brocksom, Timothy John. **A reação de metátese de olefinas: Reorganização e ciclização de compostos orgânicos.** Química Nova, vol. 28, no. 4, 692-702, 2005.
- Ferreira, Welisson. S.; Franklim, Tatianny N.; Lopes, Natália. D.; de Lima, Marco E. F. **Piperina, seus Análogos e Derivados: Potencial como antiparasitários.** Revista Virtual de Química, vol. 4, n.3, p. 208-224, 2012.
- Ferreira, Vitor F.; Silva, Fernando, C. **Metátese em síntese orgânica e o prêmio Nobel de química de 2005: do Plástico à indústria farmacêutica.** Química Nova na Escola, n.22, 2005.
- GRAIDIST, Potchanapond. **Anticancer and Cancer Prevention Effects of Piperine-Free Piper nigrum Extract on N-nitrosomethylurea-Induced Mammary Tumorigenesis in Rats.** Cancer Prev Res; n.9, vol. 1, 2016.
- GRUBB, R. H. **Handbook of metathesis.** New York: Wiley, 2003. v. 3
- GRUBBS, R. H. **Olefin Metathesis.** Tetrahedron, v. 60, p. 7117-7140, 2004.
- HOVEYDA, A. H.; ZHUGRALIN, A. R. **The remarkable metal-catalysed olefin metathesis reaction.** Nature, v. 450, p. 243-251, 2007.
- Khamisa, Abeer A.A.; Alib, Ehab M.M.; El-Moneimc Mohamed A. Abd.; Abd-Alhaseebd Mohammad M.; El-Magde Mohammed Abu.; Salim, Elsayed I. **Hesperidin, piperine and bee venom synergistically potentiate the anticancer effect of tamoxifen against breast cancer cells.** Biomedicine & Pharmacotherapy, n.105; p.1335–1343, 2018.
- Matos, José Milton E.; Batista, Nougá C.; Carvalho, Rogério M.; Santana, Sirlane A. A.; Puzzi, Paula N.; Sanches, Mário; Lima-Neto, Benedito S. **Metátese de olefinas no Brasil: -"Brazil is romping it!"** Química Nova, vol.30, n.2, p. 431-435, 2007.
- NASEEMA, U.; RAO, Ganne Venkata Sudhakar.; PAZHANIVEL, N.; PANDIYAN, V.; SRIRAM, P. **Chemotherapeutic effect of piperine solid lipid nanoparticles against benzo(a)pyrene: Induced lung cancer in mice.** The Pharma Innovation Journal. Vol. 7, n.2, p.198-201, 2018.

NGUYEN, S. T.; ZILLER, W.; GRUBBS, R. H. **Synthesis and activities of new single- componente, ruthenium- based olefin metathesis catalysts.** J. Am. Chem. Soc. v.115, p. 9858, 1993.

Oliveira, Vanessa da Gama. **Ruthenium in Olefins Cross – Metathesis Reactions.** Revista Virtual de Química, vol.7, n. 6, 2015.

ROMÃO, Júlia Andrade; BOCCARDO, Lilian; DE PAULA, Vanderlúcia Fonseca; CHAGAS, Ricardo Jucá; MOREIRA, Bruno Oliveira. **Toxicidade de extratos de Piper nigrum, piperina e piperamidas para o diplópodo Orthoporus fuscipes em condições de laboratório.** Revista Brasileira de Toxicologia 21, n.1, p.33 – 38, 2008.

SANFORD, M. S.; LOVE, J. A.; GRUBBS, R. H. **Mechanism and Activity of Ruthenium Olefin Metathesis Catalysts.** Journal of the American Chemical Society, v. 123, p. 6543-6554, 2001.

SRIWIRIJAJAN, Somchai; TEDASEN, Aman; LAILERD, Narissara; BOONYAPHIPHAT, Pleumjit; NITIRUANGJARAT, Anupong; DENG, Yan;

YUN, Young Sook; NODA, Sachie; TAKAHASHI, Shigeru; TAKAHASHI, Yuji; INOUE, Hideshi. **Piperinelike alkaloids from Piper nigrum induce BDNF promoter and promote neurite outgrowth in Neuro2a cells.** J Nat Med, 2017.

TRNKA, T.M.; GRUBBS, R. H., **The development of L2X2Ru=CHR olefin metathesis catalysts: an organometallic success story.** Accounts of Chemical Research, v.34, p.18, 2001.

ACUMULADOR DE ENERGIA SOLAR PARA SECAGEM DAS AMENDOAS DE CACAU

Luiz Vinicius de Menezes Soglia

Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus –
Bahia

Jorge Henrique de Oliveiras Sales

Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus –
Bahia

Pedro Henrique Sales Giroto

Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus –
Bahia

RESUMO: Este artigo propôs um sistema de secagem que capta a energia solar através de uma série de espelhos semicilíndricos e transfere o calor para um tanque acumulador contendo NaCl sólido. A energia térmica acumulada é utilizada para aquecer um fluxo de ar durante o período noturno, que realizará uma secagem uniforme e limpa das amêndoas de cacau. As simulações do sistema foram realizadas no software COMSOL Multiphysics® e demonstraram que, para a incidência solar média de Ilhéus-BA, são necessários seis espelhos semicilíndricos de 0,30 m de diâmetro por 1,00 m de comprimento cada, dispostos sequencialmente, para aquecer e manter a temperatura em torno de 50°C no período diurno, demonstrando que este sistema pode fornecer a energia térmica necessária para a secagem das amêndoas dentro da faixa ideal de temperatura.

PALAVRAS-CHAVE: Energia solar, Secagem, Cacau, Simulação computacional.

SOLAR ENERGY ACCUMULATOR FOR DRYING COCOA BEANS.

ABSTRACT: This paper proposes a drying system that collects solar energy through a series of semi-cylindrical mirrors and transfers the heat to an accumulator tank containing solid NaCl. The accumulated thermal energy heats an airflow during the night, which will perform a uniform and clean drying of the cocoa beans. The simulations of the system were carried out in the COMSOL Multiphysics® software and demonstrated that, for the average solar irradiance of Ilhéus-BA, six semi-cylindrical mirrors of 0.30 m in diameter and 1.00 m in length each, arranged sequentially, are required to heat and maintain the temperature around 50°C in the daytime period. The results demonstrated that this system could adequately provide the thermal energy required for the drying of cocoa beans within the ideal temperature range.

KEYWORDS: Solar energy, Drying, Cocoa, Computational simulation.

1 | INTRODUÇÃO

A região sul do estado da Bahia tem como

uma das suas principais atividades econômicas a cadeia produtiva do cacau e seus derivados. Segundo o IBGE (2017), foram produzidas 214.348 t de amêndoas de cacau no Brasil no ano de 2017, sendo aproximadamente 39% (83.869 t) produzidos no estado da Bahia, o segundo maior produtor nacional atrás apenas do estado do Pará, que produziu cerca de 54% (116.536 t).

A forma tradicional de secagem das amêndoas do cacau ocorre através das barcaças, que consistem em estruturas que se assemelham a grandes tablados, normalmente construídas em madeira ou alvenaria, possuindo uma cobertura para a proteção contra intempéries, onde as amêndoas são dispostas e a secagem acontece por incidência solar direta durante o período diurno.

Durante o período noturno, ou alternativamente em dias de pouca incidência solar, utilizam-se secadores à combustão, alimentados pelo calor proveniente da queima de combustíveis, como madeira e óleo, para acelerar a secagem das amêndoas. Porém, essa prática pode contaminar as amêndoas com resíduos, como fuligem e fumaça, sendo um fator de não aceitação no mercado e de redução do valor comercial.

Além disso, os secadores à combustão, e a própria barcaça, não permitem uma distribuição uniforme do calor durante a secagem, e nem o controle da temperatura e umidade, parâmetros essenciais para a realização de uma secagem adequada para garantir amêndoas de qualidade. A barcaça possui uma estrutura aberta que permite a exposição direta das amêndoas ao sol, mas, por consequência, também as expõe a sujidades, presença de insetos, entre outros contaminantes que não são desejáveis para um produto alimentício.

Desse modo, desenvolver uma forma limpa e uniforme de fornecer calor para a secagem das amêndoas do cacau é essencial para garantir uma secagem que gere uma amêndoa de boa qualidade e com maior valor comercial, que possa ser vendida para nichos de mercado que pagam melhor por amêndoas de qualidade superior, como o mercado de chocolate gourmet, beneficiando o produtor.

O objetivo deste trabalho é desenvolver um sistema que possa acumular a energia solar na forma de energia térmica e a utilizar para a secagem uniforme de grãos, tanto no período diurno quanto noturno. Este sistema alimentará um secador vertical para secagem eficiente de grãos proposto por Lima e Sales (2015) e Sales e Cândida (2016).

2 | SECAGEM DAS AMÊNDOAS DE CACAU

A fermentação e a secagem são consideradas as etapas de processamento críticas para se obter uma amêndoa de cacau de qualidade, com as características organolépticas desejadas (MARTINS et al., 2012; ENGELHARDT e ARRIECHE, 2016).

Segundo Martins et al. (2012), após o processo de fermentação a massa de cacau ainda possui uma alta retenção de água (cerca de 60% de teor de umidade), sendo que, para atingir uma qualidade satisfatória, o processo de secagem deve reduzir esta umidade à cerca de 8%. O processo de secagem também é importante na continuidade das reações químicas que conferem as características sensoriais das amêndoas, como menor adstringência, redução da acidez e liberação de substâncias responsáveis pelo aroma de chocolate (MARTINS et al., 2012).

No que tange a secagem, ela ainda é comumente realizada pelos produtores de cacau através das barcaças (Fig. 1): estruturas semelhantes à grandes tablados onde as amêndoas são dispostas e secam ao sol, possuindo uma cobertura retrátil para proteger as amêndoas de intempéries (MARTINS et al., 2012). Porém no período noturno, ou em dias chuvosos e com baixas incidências solares, é comum o uso de secadores que utilizam a queima de combustíveis, como gás natural, resíduos agrícolas, madeiras e óleos, para acelerar o processo de secagem (PEREIRA, 2013).

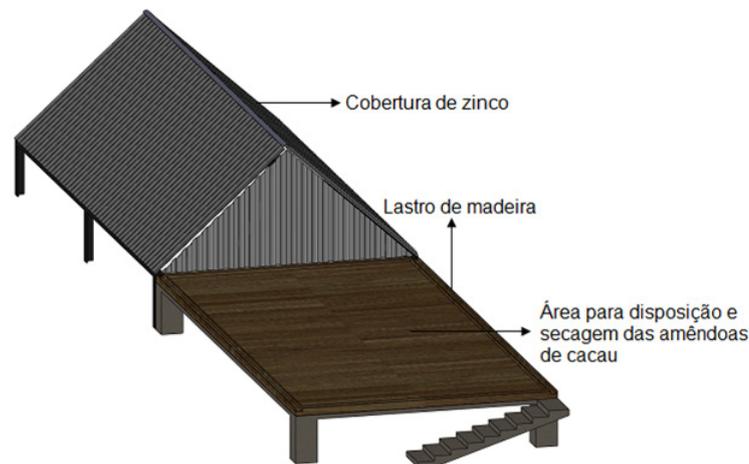


Figura 1- Barcaça utilizada para a secagem de amêndoas de cacau.

A utilização de secadores à combustão encurta o tempo de secagem e reduz a dependência em relação as condições climáticas, se comparada a secagem por incidência solar direta e ação do vento nas barcaças, viabilizando a secagem em regiões úmidas, durante a noite e em períodos chuvosos (PEREIRA, 2013).

Contudo, se o manejo for inadequado, pode comprometer a qualidade das amêndoas devido a não uniformidade da secagem, excesso de calor, comprometendo as características sensoriais das amêndoas de cacau pela absorção de odores provenientes da queima dos combustíveis no aquecimento do secador (PEREIRA, 2013). A faixa ideal de temperatura para a secagem das amêndoas de cacau se localiza em torno de 35°C e 40°C (EFRAIM, 2004). Desta forma, métodos de secagem que forneçam calor de forma uniforme e limpa ajudam a garantir a qualidade das amêndoas.

Uma forma alternativa de secagem das amêndoas do cacau, utilizando energia

solar, é descrita por Lima e Sales (2015) e Sales e Cândida (2016). Estes trabalhos propuseram um secador solar em formato de estufa vertical, que oferece significativos benefícios em relação à barcaça, pois reduz drasticamente a área necessária para secagem, protege as amêndoas de sujidades (por ser uma estrutura fechada) e permite melhores condições de manejo para o operador, além utilizar uma fonte de calor limpa (energia solar), evitando os problemas de contaminação apresentados pelos secadores à combustão.

A secagem natural, por incidência solar direta em barcaças leva de 8 a 12 dias, dependendo das condições climáticas (MARTINS et al., 2012). Já o secador vertical leva de 3 a 5 dias (LIMA e SALES, 2015; AMIGO et al., 2018).

O atlas brasileiro de energia solar (MARTINS, ABREU e RÜTHER, 2006) afirma que o Brasil tem um grande potencial para a utilização da energia solar, com uniformidade da irradiação solar global em todo o país, mesmo com a grande extensão territorial e diversidade climática. A irradiação solar global no Brasil varia entre 6,5 kWh/m² (norte da Bahia) e 4,25 kWh/m² (litoral norte de Santa Catarina), e mesmo o valor brasileiro mais baixo é superior as irradiações globais da maioria dos países Europeus, como a França (0,90 a 1,65 kWh/m²), Espanha (1,20 a 1,85 kWh/m²), e a Alemanha (0,90 a 1,25 kWh/m²), onde há diversos empreendimentos, inclusive com incentivos governamentais, para o aproveitamento da energia solar (MARTINS, ABREU e RÜTHER, 2006).

3 | METODOLOGIA

O secador vertical (Fig. 2), proposto por Lima e Sales (2015) e Sales e Cândida (2016), é um projeto que possui patente depositada, e consiste em uma estrutura que se assemelha a uma estufa com bandejas dispostas verticalmente, possuindo aberturas nas bandejas que facilitam a circulação do ar aquecido, acelerando o processo de secagem dos grãos.

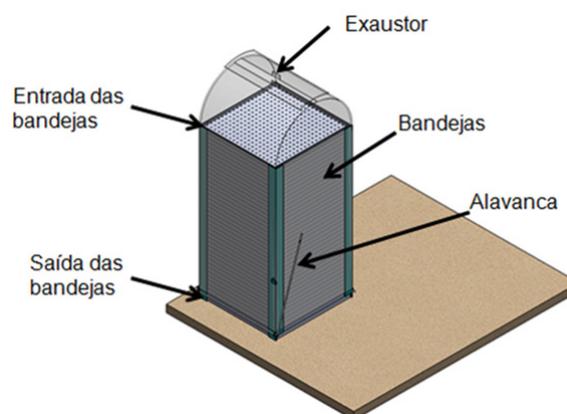


Figura 2- Secador vertical para a secagem eficiente de grãos.

O sistema auxiliar proposto neste trabalho (Fig. 3) pode ser subdividido em dois conjuntos principais: um painel composto por uma série de espelhos semicilíndricos, que realiza a captação da energia solar, e um tanque acumulador de calor. Os espelhos semicilíndricos captam a energia solar e a transfere para uma tubulação que passa no centro focal destes espelhos. Dentro desta tubulação circula um óleo, o qual é aquecido pela energia solar direcionada pelos espelhos e por efeito termossifão (convecção natural) flui através de um trocador de calor (serpentina circular) imerso dentro de um tanque cilíndrico isolado termicamente. O óleo aquecido transfere energia térmica para a substância contida dentro do tanque, que acumulará esta energia térmica.

Este calor acumulado servirá para aquecer uma massa de ar que circula em outra serpentina concêntrica à aquela onde circula o óleo. O ar aquecido é então utilizado para a secagem das amêndoas do cacau no secador vertical. Após passar pelo trocador de calor em formato de serpentina no tanque, o óleo retorna para o painel de espelhos, caracterizando um circuito fechado.

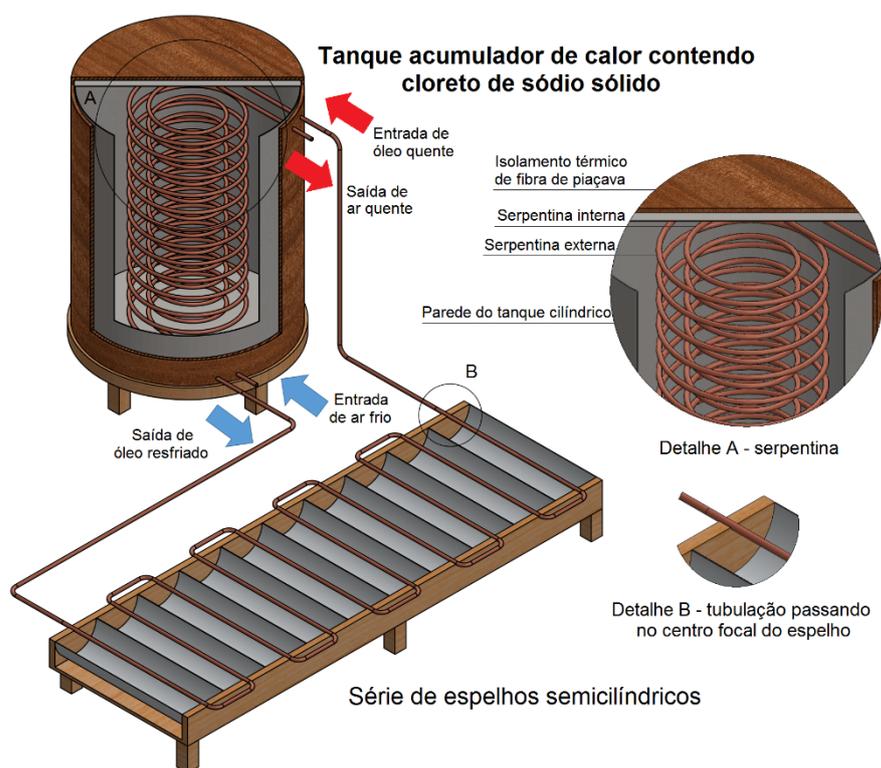


Figura 3- Sistema auxiliar proposto para o fornecimento de calor para a secagem de grãos.

O desenvolvimento do sistema auxiliar de fornecimento de calor para a secagem de grãos se baseou no modelo de secador vertical proposto por Lima e Sales (2015) e Sales e Cândida (2016), de modo que, ao final, o sistema auxiliar desenvolvido se mostrou apto a trabalhar em conjunto com o secador vertical, fornecendo o calor necessário para a secagem dos grãos.

Para determinar os parâmetros adequados de construção deste sistema, foram realizadas simulações computacionais do seu funcionamento, em busca da otimização

dos seus componentes, reduzindo os custos do projeto com protótipos.

Segundo Chwif e Medina (2014), o desenvolvimento de um modelo de simulação é composto basicamente por três grandes etapas:

1. Concepção ou formulação do modelo;
2. Implementação do modelo;
3. Análise dos resultados do modelo.

A primeira etapa, concepção ou formulação do modelo, consiste em estudar o problema, definir os resultados que se deseja alcançar, quais serão as entradas e saídas do modelo e quais dados precisam ser obtidos para alimentá-lo. Ao final, cria-se um modelo conceitual que facilite a visualização do que será implementado, quais são os resultados esperados e como eles serão tratados, analisados e validados.

Analisando o funcionamento do sistema auxiliar proposto, notou-se que os fenômenos físicos de fluidodinâmica e transferência de calor por condução, convecção e irradiação estão presentes e são os responsáveis por seu funcionamento. Assim, o modelo foi alimentado com equações matemáticas que representam:

1. as transferências de calor que ocorrem no sistema;
2. a irradiância solar local;
3. a temperatura do ambiente externo ao sistema auxiliar;
4. a fluidodinâmica do óleo de aquecimento e da massa de ar aquecida.

Alguns dados foram obtidos externamente para alimentar os parâmetros do modelo computacional criado neste estudo, como, por exemplo, as simulações da incidência solar (irradiância) sobre os espelhos de captação de energia utilizaram dados do Atlas brasileiro de energia solar (MARTINS, ABREU e RÜTHER, 2006), que traz dados sobre a irradiância solar global ao longo do ano no território brasileiro.

A segunda etapa do desenvolvimento de um modelo de simulação consiste na implementação do modelo, ou seja, como de fato realizar um procedimento (computacional para este trabalho), que receba as entradas determinadas e gere as saídas esperadas, seguindo o modelo conceitual criado na primeira etapa.

A complexidade do modelo computacional criado influencia diretamente no esforço computacional necessário para simulá-lo. Assim, algumas considerações foram utilizadas para simplificar o modelo e reduzir o consumo de recursos computacionais. Um exemplo de simplificação feita se dá pela utilização de somente um espelho semicilíndrico do painel de espelhos para a simulação da captação da energia solar, sendo que os resultados deste único espelho foram replicados ao longo da serpentina que passa pelo painel, afim de simular o efeito do aquecimento gerado pelo demais espelhos que o compõe.

As simulações computacionais do sistema auxiliar foram realizadas utilizando o software COMSOL Multiphysics®, um software que utiliza o método dos elementos finitos (*finite element method* - FEM) para realizar simulações computacionais. Esse software permite a simulação de transferência de calor por condução, convecção e irradiação, formas que estão presentes no modelo estudado, além de ser capaz de

trabalhar com fluidodinâmica computacional (*computational fluid dynamics* - CFD).

Para a criação de um modelo computacional dentro do software COMSOL Multiphysics® algumas etapas devem ser seguidas:

1. escolha do número de dimensões espaciais do modelo;
2. determinação dos fenômenos físicos presentes no modelo, para que o próprio software selecione as equações matemáticas que serão utilizadas;
3. determinação da dimensão temporal de simulação;
4. criação da geometria do modelo;
5. determinação dos materiais de construção que compõem cada parte do modelo;
6. determinação das condições de contorno da simulação;
7. modificação e adição de novas equações matemáticas e parâmetros que não estão nativamente presentes no software;
8. criação da malha (elementos e pontos nodais que os conectam), utilizada para a simulação através do método dos elementos finitos;
9. resolução das equações da malha utilizando os *solvers* matemáticos do software.

Ao final da simulação, o software COMSOL Multiphysics® fornece os resultados de diversas formas numéricas e gráficas, que podem ser personalizadas pelo usuário.

A terceira e última etapa consiste em analisar os resultados obtidos na simulação, de forma a dar significância aos dados quantitativos, os transformando em informações qualitativas que auxiliem na tomada de decisão.

Os resultados obtidos foram analisados através de gráficos e tabelas comparativas, geradas pelo próprio software de simulação COMSOL Multiphysics®, para determinar os melhores parâmetros de construção para o sistema auxiliar proposto. O software CAD (*computer aided design*) SOLIDWORKS®, foi utilizado para a concepção de desenhos técnicos a partir dos resultados obtidos no COMSOL Multiphysics®, para documentar os parâmetros de construção da estrutura do sistema auxiliar proposto.

4 | RESULTADOS

A Figura 4 traz a representação da geometria construída no COMSOL Multiphysics® para a realização das simulações do sistema proposto. O sistema é composto por uma série de espelhos semicilíndricos, pela tubulação que passa através do centro focal dos espelhos e pela serpentina circular, que fica imersa dentro do tanque acumulador de calor, fornecendo energia térmica para o NaCl sólido contido no tanque (substância acumuladora de calor).

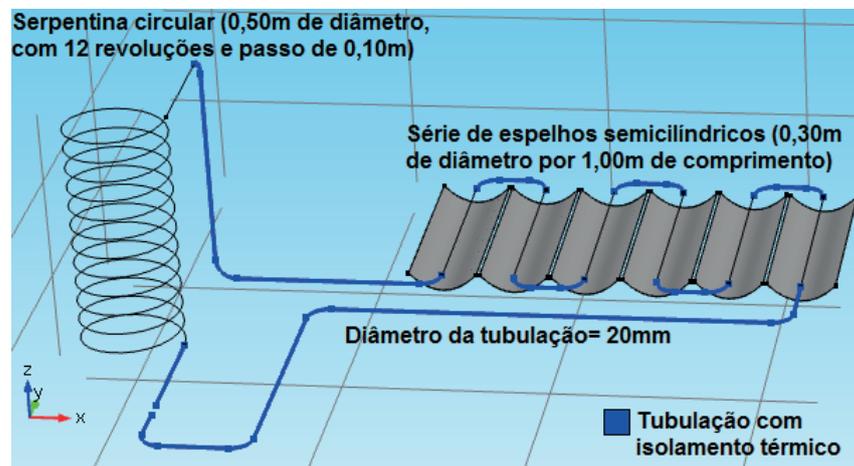


Figura 4- Geometria do modelo de simulação criado no COMSOL Multiphysics®.

A Tabela 1 traz as características atribuídas a cada parâmetro que compõe o modelo construído no COMSOL Multiphysics® para realizar as simulações.

Parâmetro	Características
Espelho	6 espelhos semicilíndricos de 0,30 m de diâmetro por 1,00 m de comprimento cada. A eficiência adotada para o espelho foi de 30% (o espelho transmite para a tubulação 30% da energia solar captada).
Tubulação	Toda a tubulação possui 20 mm de diâmetro interno, espessura da parede do tudo de 0,5 mm e comprimento total de 35,74 m, sendo composta de liga de cobre. A Serpentina possui 0,50 m de diâmetro, 1,20 m de altura (12 voltas e passo de 0,10 m) e um comprimento linear de 18,89 m.
Fluído de aquecimento	O volume total de óleo em todo o sistema é de 11,23 litros, sendo 5,92 litros somente na serpentina. O óleo flui na tubulação a uma velocidade de 0,04 m/s, velocidade adotada para simular a corrente de convecção devido a variação de densidade causada pelo gradiente de temperatura durante o aquecimento do óleo (efeito de termosifão).
Transferência de calor	A irradiância solar média adotada foi a de 235.72 W/m ² , valor encontrado no atlas Brasil Solar para o mês de janeiro no município de Ilhéus-BA (MARTINS, ABREU e RÜTHER, 2006). Toda a tubulação está sujeita a perda de calor por convecção forçada, com velocidade do vento em 5 m/s.

Tabela 1- Características atribuídas a cada parâmetro que compõe o sistema simulado.

Foram realizadas três simulações para testar a influência da temperatura ambiente no desempenho dos espelhos no aquecimento do óleo: a primeira com uma temperatura ambiente inicial ($T_{inicial}$) de 15°C, a segunda com uma temperatura ambiente inicial de 20°C, e a terceira com uma temperatura ambiente inicial de 25°C (Fig. 5 e Fig. 6).

A equação utilizada para representar a variação da temperatura ambiente ($T_{ambiente}$), sendo t o tempo em horas, foi:

$$T_{ambiente} = (T_{inicial} + 2) + 3 \cos \left[\frac{\pi}{12} (t - 14) \right] \quad (1)$$

A transferência da energia solar, na forma de energia térmica, dos espelhos para o óleo (dQ_{espelhos}), em um instante de tempo dt , foi modelada pela seguinte equação:

$$dQ_{\text{espelhos}} = n\eta_{\text{espelho}}I_sA_{\text{espelho}}dt \quad (2)$$

Onde: n é o número de espelhos (foram utilizados seis espelhos); η_{espelho} é a eficiência dos espelhos (adotada em 30%); I_s é a irradiância solar ao longo do dia (calculada pelo COMSOL Multiphysics® a partir da média adotada de 235.72 W/m^2); A_{espelho} é a área da superfície refletora do espelho ($0,3873 \text{ m}^2$ para a geometria adotada).

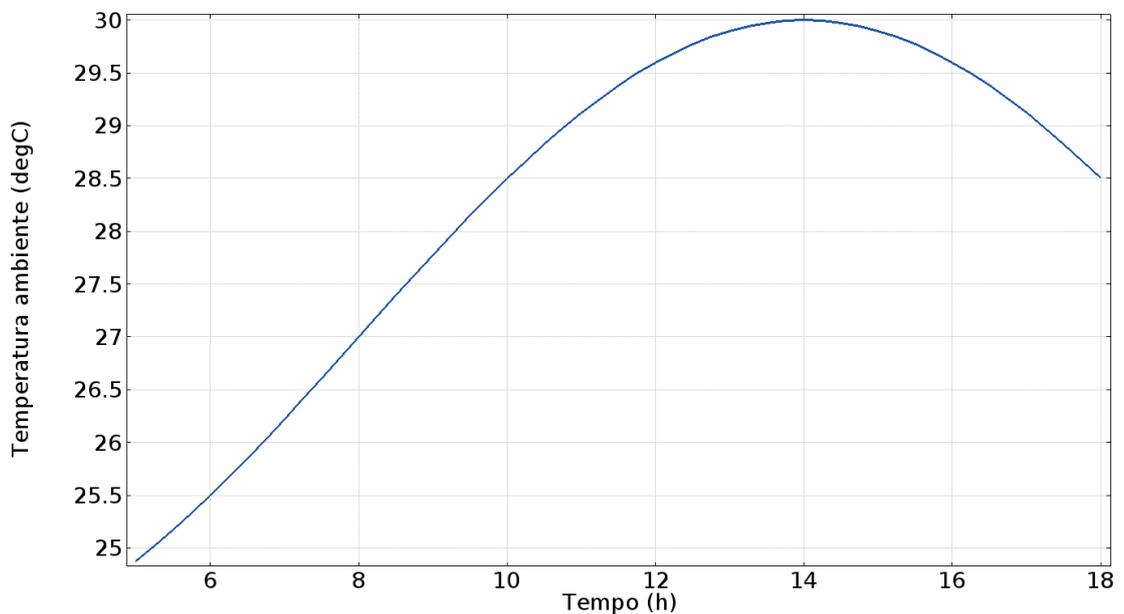


Figura 5- Temperatura ambiente gerada pela Eq. 1 ao longo da simulação, com $T_{\text{inicial}} = 25^\circ\text{C}$.

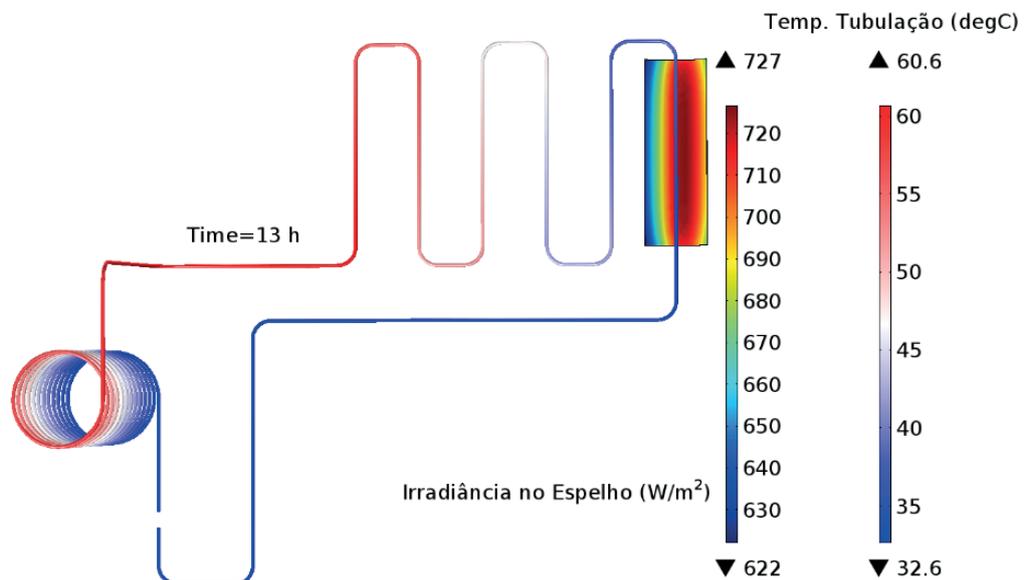


Figura 6- Perfil de temperatura e irradiância solar no sistema às 13h, com $T_{\text{inicial}} = 25^\circ\text{C}$.

A Figura 7 traz a comparação da temperatura do óleo (fluido de aquecimento do tanque acumulador de calor) ao passar pelos espelhos entre as três simulações ao longo do tempo. A simulação foi realizada ao longo do dia, das 6h às 18h. Porém os valores iniciais e finais foram descartados, pois o modelo utilizado calcula a variação da irradiância solar ao longo do dia a partir de um valor médio de irradiância fornecido. Isso causa distorções nos períodos do nascer e pôr-do-sol. Desta forma somente os valores obtidos entre as 8h as 16h foram considerados.

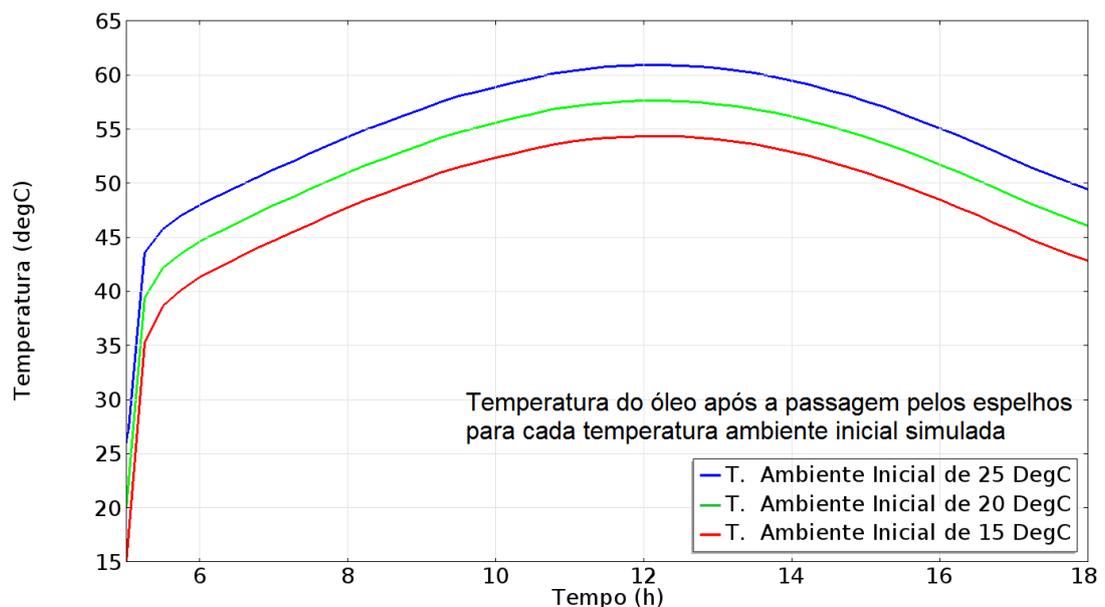


Figura 7- Temperatura do óleo ao passar pelos espelhos ao longo do tempo.

Tomando o horário de 13h como referência, as temperaturas máximas do óleo neste horário para as três simulações foram: de 54,1°C para uma temperatura ambiente inicial de 15°C ($T_{inicial} = 15^{\circ}\text{C}$); 57,3°C para $T_{inicial} = 20^{\circ}\text{C}$ (3,2°C a mais do que a simulação anterior); e 60,6°C para $T_{inicial} = 25^{\circ}\text{C}$ (3,3°C a mais do que a simulação anterior). Este resultado permite afirmar que para um incremento de 5°C na temperatura ambiente inicial, a temperatura do óleo foi incrementada em cerca de 3,25°C para o mesmo horário.

Mesmo na temperatura ambiente inicial mais baixa simulada (15°C), a série de espelhos semicilíndricos foi capaz de elevar a temperatura do óleo acima dos 50°C, sendo uma temperatura satisfatória para fornecer energia térmica ao tanque acumulador de calor.

Uma limitação do modelo simulado decorre do uso de uma simplificação para representar o escoamento de fluidos em tubos, disponível no COMSOL Multiphysics®. Essa simplificação diminui de forma significativa o esforço computacional para a simulação, porém, por trabalhar somente com fluidos incompressíveis, impossibilita a simulação da variação da velocidade de escoamento do óleo durante o efeito de termossifão. Desta forma, a simulação foi realizada com velocidade de escoamento

do óleo constante ao longo do tempo, adotada em 0,04 m/s.

Para testar a sensibilidade do modelo a essa velocidade de escoamento do óleo, foram realizadas cinco simulações para a temperatura do óleo na saída dos espelhos, fixando-se a temperatura ambiente inicial em 25°C e adotando velocidades de escoamento do óleo de 0,02 m/s até 0,10 m/s. Os resultados destas simulações são sintetizados na Fig. 8.

O modelo demonstrou ser sensível ao parâmetro velocidade de escoamento do óleo na tubulação, já que a temperatura máxima entre as simulações variou em até 31,8°C. Assim, a próxima etapa deste trabalho deve buscar meios para representar melhor este parâmetro. Uma alternativa é desenvolver uma equação que simule a variação de densidade e velocidade de escoamento do óleo durante o efeito de termossifão, de acordo com a variação de temperatura, para incrementar a simplificação do escoamento fornecida pelo COMSOL Multiphysics®.

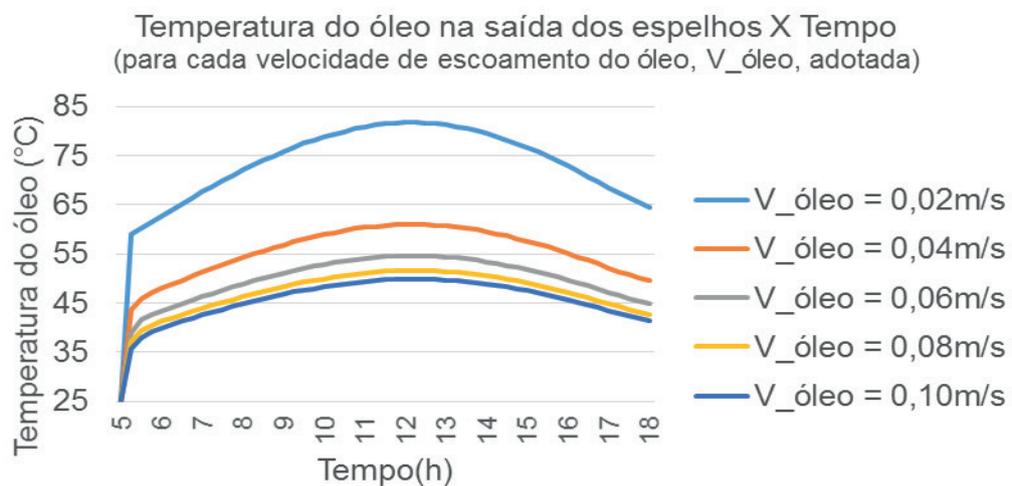


Figura 8- Resultados das cinco simulações com diferentes velocidades de escoamento do óleo.

Outra alternativa é abandonar a simplificação e remodelar o problema no COMSOL Multiphysics® utilizando um módulo que já contenha equações que levem o efeito termossifão em consideração, porém elevando o custo computacional.

5 | CONCLUSÃO

O sistema proposto se mostrou viável a partir dos resultados obtidos nas simulações, sendo uma alternativa para captar energia solar e transferi-la em forma de energia térmica para um tanque acumulador de calor, que aqueceria o ar utilizado na secagem das amêndoas de cacau.

Alguns parâmetros para a construção do sistema foram determinados no presente estudo, como a geometria dos espelhos. Porém estes parâmetros podem ser refinados a partir de modelos de simulação que consigam representar melhor o

efeito de termossifão que ocorre com o fluido que transfere calor dos espelhos para o tanque. Este sistema pode ser uma alternativa limpa e sustentável para a secagem uniforme de amêndoas e grãos, aproveitando todo o potencial do território brasileiro para a utilização da energia solar.

REFERÊNCIAS

Amigo, F. V. et al. Viabilidade financeira do secador solar vertical na região cacauera. **Cadernos de Prospecção**, v. 11, p. 158, 2018.

Chwif, L.; Medina, A. **Modelagem e simulação de eventos discretos: Teoria e Aplicações**. 4. ed. São Paulo: Elsevier Brasil, 2014.

Efraim, P. **Estudo para minimizar as perdas de flavonoides durante a fermentação de cacau para produção de chocolate**. Campinas, 2004. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

Engelhardt, B. A. S.; Arrieche, L. S. Análise da secagem de amêndoas de cacau por convecção forçada a partir de diferentes secadores. **Brazilian Journal of Production Engineering**, v. 2, n. 2, p. 18-26, 2016.

IBGE. **Anuário estatístico do Brasil**. v. 77. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017.

Lima, G. P.; Sales, J. H. Sistema alternativo para secagem de cacau e geração de energia. **Revista GEINTEC: Gestão, Inovação e Tecnologias**, v. 5, p. 1703-1715, 2015.

Martins, F. R.; Abreu, S. L.; Rütther, R. **Atlas brasileiro de energia solar**. São José Dos Campos: Inpe, 2006.

Martins, J. M. et al. **Melhoria da Qualidade de Cacau**. Ilhéus. CEPLAC/CENEX. 45p, 2012.

Pereira, I. O. **Viabilidade da utilização da casca de cacau como combustível no aquecimento de ar para a secagem de amêndoas de cacau**. 2013. Tese (Doctor Scientiae) Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

Sales, J. H.; Cândida, T. Efeito da temperatura sobre a amêndoa de cacau: secador vertical. **Revista GEINTEC: Gestão, Inovação e Tecnologias**, v. 6, n. 3, p. 3437-3446, 2016.

ÁLGEBRA LINEAR NA ESCOLA E NA HISTÓRIA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DOS PRINCIPAIS TÓPICOS ENSINADOS

Leandro Teles Antunes dos Santos

UIT – Universidade de Itaúna

Itaúna, Minas Gerais

UEMG – Universidade do Estado de Minas Gerais, Departamento de Ciências Exatas

Divinópolis, Minas Gerais

Erasmão Tales Fonseca

UEMG – Universidade do Estado de Minas Gerais, Departamento de Ciências Exatas

Divinópolis, Minas Gerais

Patrícia Milagre de Freitas

UEMG – Universidade do Estado de Minas Gerais, Departamento de Ciências Exatas

Divinópolis, Minas Gerais

RESUMO: O presente artigo versa sobre os principais tópicos abordados em álgebra linear através de uma revisão bibliográfica onde tais temas foram abordados e estudados. Prioriza-se o ensino de transformações lineares como fonte de estudo. Conduz ainda uma visão sobre a álgebra linear estudada nas escolas de educação básica e também os caminhos traçados até o ensino superior, dialogando com a história dessa disciplina e fazendo uma ponte entre as dificuldades enfrentadas pelos alunos na sua formação profissional ao estudar tal disciplina. Ele emerge como fonte com objetivo principal em contribuir com as práticas pedagógicas, analisando como a

história da álgebra linear e os estudos sobre ela podem ajudar na aquisição de novos saberes para os discentes, fazendo com que tal conteúdo contenha significado e que este seja aprendido pelos estudantes com qualidade e eficiência. A metodologia utilizada foi a de revisão bibliográfica de artigos, dissertações e teses a respeito do tema. A importância do trabalho fundamenta-se na busca de embasar e motivar o professor universitário no estudo e melhorar a metodologia no ensino de álgebra linear, principalmente nas transformações lineares, propiciando assim que o aluno consiga visualizar em sua futura profissão, a importância desta disciplina. Ao término da revisão textual das publicações que abordam o tema, torna-se propício ao interessado novas fontes de consultas para melhor compreender o assunto abordado. Os resultados alcançados além do conhecimento adquirido a respeito do tema, foram de que o tema abordado na literatura encontra-se escasso no quesito metodologias, porém muito usual para consultas técnicas.

PALAVRAS-CHAVE: Álgebra Linear. História. Matemática. Educação Básica. Ensino.

LINEAR ALGEBRA IN SCHOOL AND
HISTORY: A BIBLIOGRAPHIC REVIEW OF

ABSTRACT: This article deals with the main topics covered in linear algebra through a bibliographic review where such topics were addressed and studied. Priority is given to the teaching of linear transformations as a source of study. It also provides an insight into the linear algebra studied in basic education schools, as well as the pathways to higher education, dialoguing with the history of this discipline and bridging the difficulties faced by students in their professional training in studying such discipline. It emerges as a source with the main objective of contributing to the pedagogical practices, analyzing how the history of linear algebra and the studies about it can help in the acquisition of new knowledge for the students, making that content contain meaning and that this one is learned by the students with quality and efficiency. The methodology used was the bibliographical review of articles, dissertations and theses on the topic. The importance of the work is based on the search to base and motivate the university professor in the study and to improve the methodology in the teaching of linear algebra, mainly in the linear transformations, thus allowing the student to see in the future profession, the importance of this discipline. At the end of the textual review of the publications that approach the subject, it becomes favorable to the interested new sources of consultations to better understand the subject addressed. The results obtained besides the knowledge acquired on the subject, were that the topic addressed in the literature is scarce in the methodological question, but very usual for technical queries.

KEYWORDS: Linear Algebra. Story. Mathematics. Basic education. Teaching.

INTRODUÇÃO

O modo como a matemática é ensinada passa por mudanças, conforme declara Machado (1999); uma vez que pode ser notada a forma como tal conteúdo é trabalhado de maneira pontual, extremamente individualizada e dogmática, desvinculando-se da aprendizagem cognitiva. As práticas de sala de aula, em grande parte do tempo, tomam como base os livros didáticos, muitas vezes tendo sua qualidade questionada.

A álgebra está relacionada com a compreensão do significado de várias operações que realizamos com números e variáveis. O ponto de partida desse estudo, de fato, vem desde as primeiras séries do ensino fundamental, quando o aluno começa a manipular números em operações de adição, multiplicação dentre outras. Mais tarde, é estimulado a perceber que é possível aplicar às letras (variáveis) os mesmos critérios utilizados para os números. Vivenciando esse processo de generalização, o estudante passa a incorporar as regras obedecidas pelas manipulações algébricas.

O autor Monroe (1978) declara que com a escola nova, o eixo da questão pedagógica passa do intelecto para o sentimento, ou seja, do aspecto lógico para o psicológico, da quantidade para a qualidade. Nesta perspectiva, ensinar passa a ter ideia de criar condições de aprendizagem. O importante não é executar atividades,

mas, aprender a aprender. O professor passa a ser o estimulador e orientador da aprendizagem e o estudante sai do lugar de mero observador e para agente de aprendizagem.

Muitas disciplinas no ensino superior são temidas pelos estudantes. O Cálculo é considerado a disciplina mais amedrontadora, não pela sua dificuldade, mas pelo fato de que os pré-requisitos não foram estudados ou não tiveram uma produção de significado para os estudantes ao longo da educação básica. A álgebra linear ultimamente recebe *status* da disciplina de cálculo, uma vez que os níveis de reprovação aumentam maciçamente, segundo Fratelli e Monteiro (2007). Álgebra linear é um ramo da Matemática que surgiu devido ao estudo detalhado de equações lineares, podendo estas se apresentarem algebricamente ou diferencialmente.

A CONSTRUÇÃO DOS CONCEITOS INICIAIS NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Uma boa formação em álgebra linear para os futuros engenheiros é indispensável, uma vez que os conteúdos desta se encontram ligados aos da matemática básica e também aos específicos de cada curso de engenharia.

O uso da álgebra formal, propriamente dita, inicia-se através da notação de variáveis introduzidas a partir do sétimo ano da educação básica. Até esse tempo, a álgebra ainda se torna aliada dos estudos. O nível de abstração aumenta, porém, os estudantes tendem a interessar-se em resolver problemas diversos com o apoio da teoria aprendida em sala de aula. No oitavo ano é que pode notar-se o afunilamento do gargalo algébrico para a aprendizagem discente. Com tantas fórmulas para fatorar e simplificar polinômios, utilizar produtos notáveis, frações algébricas, operações com monômios e polinômios, o aluno cerca-se de uma abstração enorme, muitas vezes vazia de significado e lançada apenas para cumprir um currículo extenso da matemática.

Ao longo do nono ano, com o uso das noções iniciais de funções, os estudantes se veem totalmente abarcados em formulações e ficam sem motivação para a álgebra, pois todas aquelas variáveis não tem significado nenhum para eles.

O primeiro ano do ensino médio chega como uma ponte para elevar ainda mais o pensamento algébrico. O pré-cálculo universitário é todo distribuído em uma única série. Infelizmente, o nível de abstração dos estudantes nesta idade ainda é imaturo, o que reflete na grande defasagem de cálculo no ensino universitário. Para o estudante entender funções inversas, compostas, definidas por várias sentenças, comportamento gráfico de funções e operações básicas das funções é uma dificuldade constante. Isso explica em parte, o grande número de reprovações que acontece no primeiro ano do ensino médio.

A base nacional se mantém a mesma até a 8ª série/9º ano conforme os PCNs (Parâmetros Curriculares Nacionais) demandam. No ensino médio, mais precisamente

no 2º ano, ocorre uma ruptura da base em álgebra linear. Algumas instituições não priorizam o ensino de matrizes, determinantes e sistemas lineares. Tudo fica relegado a segundo plano. É priorizado o ensino de geometria e progressões aritméticas e geométricas. Desse modo, a álgebra linear no ensino superior já encara baixas habilidades dos estudantes, propiciando uma mitificação do conteúdo no contexto educacional. Isso ocorre pelo fato de muitos estados se organizarem em torno de um CBC (Currículo Básico Comum), o qual pode ser definido priorizando algumas especificidades da região, o que muitas vezes deixa de contemplar conteúdos fundamentais para dar continuação ao ensino da álgebra.

No ensino superior, geralmente, o conteúdo básico de Álgebra Linear inicia-se com Matrizes que são organizações matemáticas em tabelas, onde linhas e colunas discriminam os elementos. Segundo Milies (2011), o nome matriz surgiu através do matemático inglês James Joseph Sylvester (1814 – 1897) em 1850 dando a ideia do significado coloquial de matriz que é “*local onde algo se gera ou cria*”, tendo ampla divulgação pelo seu amigo Arthur Cayley (1821- 1895), com sua famosa obra *Memoir on the Theory of Matrices*, editada em 1858, desvinculando as matrizes dos determinantes e dando a elas um tratamento especial e desagregado do determinante.

No conteúdo são vistas as operações matriciais, representação de sistemas na forma matricial e grafos, conceito este que, segundo Boyer (2012), iniciou-se com o matemático suíço Leonhard Euler(1707-1783), que utilizou tal teoria para resolver um problema que lhe foi proposto em meados do século dezoito pelos dirigentes da cidade de Königsberg, localizada na Prússia (atualmente é a cidade de Kaliningrado, na Rússia).

Ligado ao tema matrizes, encontram-se os determinantes, os quais são funções matriciais que associam matriz quadrada à um escalar; gerando assim um número real. Embora manuscritos chineses apontem a aparição de matrizes e determinantes no século II a.C., Ronney (2012) cita que em 1683, o japonês Seki Kowa lança; a ideia de determinante como sendo um polinômio que se associa a um quadrado de números. A formalização de determinantes só ocorreu em 1693 em uma carta do matemático alemão Gottfried Wilhelm Leibniz (1646 – 1716) enviada ao matemático francês Guillaume François Antoine, Marquês de l’Hôpital (1661 – 1704), conforme descreve Milies (2011). Comumente são lecionadas neste tema as propriedades, equações e inequações com os determinantes.

Em seguida, o conteúdo de sistemas lineares enfatiza a solução de sistemas de “n” variáveis por meio do escalonamento. Consoante com as ideias de Boyer (2012), a regra de Cramer foi popularizada pelo matemático Gabriel Cramer (1704-1752) na sua publicação de 1750 intitulada *Introduction à l’analyse des lignes courbes algébriques*, o que culminou na associação do método ao seu nome. Introduz-se também neste conteúdo a metodologia da eliminação Gaussiana. Ao contrário do que muitos pensam, a eliminação gaussiana não aconteceu inicialmente com Carl

Friedrich Gauss (1777-1855). No livro chinês *Nove Capítulos de Arte Matemática*, com data aproximada de 200 a.C. aparece uma versão desta eliminação de forma rudimentar, porém bem assemelhada ao método desenvolvido por Gauss. O princípio para que Friedrich desenvolvesse a eliminação foi a ideia de calcular as possíveis posições celestiais para que o planeta Ceres pudesse aparecer. Através de dados limitados e utilizando mínimos quadrados e a eliminação, Gauss conseguiu prever e comprovar com pequenos erros a posição de Ceres. Com o passar dos anos o engenheiro alemão Wilhelm Jordan (1842-1899) popularizou esse método e o divulgou em seu livro *Handbuch der Vermessungskunde* datado de 1888. Apesar de estes conteúdos serem tópicos básicos do ensino médio, com a defasagem que muitos alunos chegam às universidades, torna-se necessário uma explicação dos mesmos; o que demanda tempo e muitas vezes consome boa parte da carga horária da disciplina.

O conteúdo de determinante segue a mesma linha, apresentando operações com determinantes, focando principalmente na regra de “Sarrus”. O termo determinante também foi introduzido por Gauss em 1801 que o utilizou para determinar as propriedades de certos tipos de funções, segundo Ronney (2012).

Vetores comumente usados na física são também apresentados nesta disciplina, focando mais o tratamento no espaço n-dimensional. Como este conteúdo é também visto em geometria analítica, torna-se desnecessário a ênfase alongada do mesmo, caso os conteúdos sejam trabalhados em disciplinas diferentes.

À medida que se avançam nas abstrações, os estudantes são compelidos a visualizar determinados tópicos nunca antes vistos que precisam ser entendidos, muitas vezes sem o uso de formulações concretas. Neste momento, introduz-se o conteúdo de espaços vetoriais que levarão ao estudante conceitos como dependência e independência linear, subespaços vetoriais, base e dimensão. De acordo com Milies (2011), o italiano Giuseppe Peano (1858-1952) foi o primeiro a definir axiomáticamente o espaço vetorial em meados de 1888, porém a teoria do espaço vetorial só se desenvolveu após 1920. O uso dos termos linearmente independente e linearmente dependente foram iniciados através de Maxime Bôcher (1867-1918) em seu livro *Introduction to Higher Algebra* cuja publicação se deu no ano de 1907. O matemático George William Hill (1838-1914) foi quem publicou em um artigo científico de 1900 sobre o movimento planetário o termo combinação linear.

As transformações lineares aumentam ainda mais o nível da abstração; pois demonstram aos estudantes as variadas transformações que funções, matrizes, vetores, polinômios e outras estruturas algébricas podem ter. Neste mesmo conteúdo base e dimensão são lecionados com uma gama extensa de teoremas, o que muitas vezes torna o ensino enfadonho e sem motivação para os alunos.

A diagonalização de matrizes incorpora ao conteúdo a noção de autovalores e autovetores, polinômio mínimo e polinômio característico. O termo autovalor foi introduzido em 1904 pelo matemático alemão David Hilbert (1862-1943) em seus

estudos de equações integrais e mais tarde aplicando a teoria nos estudos de matrizes, conforme Milies (2011) descreve.

As datas foram citadas para demonstrar que a formação da álgebra linear enquanto ramificação matemática aconteceu mais precisamente no século XIX e XX, onde a maior parte dos estudiosos desenvolveu teoremas e fundamentaram grandemente os alicerces deste segmento de ensino. Até então não havia teoria ou um conjunto de regras bem definidas cuja nomenclatura fosse álgebra linear. Apesar de que, em meados dos séculos XVII e XVIII, os matemáticos começaram a buscar um sistema de representação geométrica, foi através destes estudos que perceberam aplicações em outros campos científicos.

No esquema a seguir, pode-se notar mais facilmente a evolução da álgebra linear através da difusão dos conteúdos estudados até diagonalização de matrizes, objetivos de um curso introdutório presente na maior parte das universidades onde é lecionada esta disciplina. Na imagem a seguir, objetiva-se traçar uma linha histórica da álgebra linear

LINHA CRONOLÓGICA DA ÁLGEBRA LINEAR

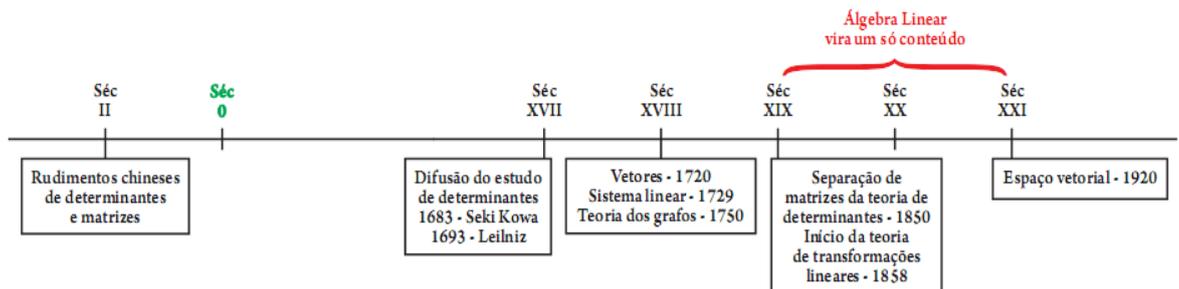


Figura 1: Linha Cronológica da Álgebra Linear – Curso Introdutório

Fonte: Elaborada pelos autores

O conteúdo de transformações lineares tem grande relevância dentro dos conteúdos das engenharias, principalmente da civil, pois se relacionam com inúmeros esforços que as suas estruturas podem sofrer. Os recursos computacionais são auxiliares no sentido de formalizar os conteúdos e demonstrar virtualmente as aplicações.

Os alunos cobram de seus professores qual a utilidade da Álgebra Linear. A luta entre a utilidade e a beleza matemática é o enigma que o professor que tem que resolver. A posição dessa disciplina na grade escolar dificulta a explicação das aplicações, pois os alunos ainda não têm o conhecimento técnico necessário para utilizarem tais aplicações. (Niето, 2013, p.1)

Ensinar álgebra linear tem sido uma tarefa difícil, mas ela sempre será uma necessidade para a humanidade. Afinal, esta disciplina propicia um conhecimento

analítico e ao mesmo tempo lógico; instruindo ao estudante, enquanto indivíduo, o desejo de criar alternativas para a aplicação em sua vida.

Mediante a base histórica citada neste capítulo, torna-se importante também referendar com base teórica as ideias alicerçantes deste estudo. Assim, o leitor poderá habituar-se aos fundamentos que nortearam a construção de toda essa pesquisa e de igual modo aprofundar-se um pouco mais no que tange à aprendizagem de transformações lineares planas.

A LITERATURA E AS TEORIAS

Torna-se oportuno revisitar os conteúdos prévios de álgebra linear no momento em que se pretende discriminar o conteúdo de transformações lineares. Existem sequências que alguns professores seguem em determinados cursos superiores. Ao se lecionar transformações lineares, alguns conteúdos ou pré-requisitos foram estudados anteriormente. É importante o domínio do conteúdo de matrizes, sistemas lineares e espaços vetoriais, pois a aplicação destes é fundamental no conteúdo em que se baseia essa dissertação.

Iniciando-se os estudos sobre transformações lineares, a dissertação de Oliveira (2002) defendida no Mestrado em Educação Matemática da Unesp – Rio Claro, cujo título é *“sobre a produção de significados para a noção de Transformação Linear em Álgebra Linear”* aborda a produção de significados para a noção de transformação linear em álgebra linear. Foi desenvolvida a partir das análises de textos matemáticos (alguns considerados históricos e outros contemporâneos) e entrevistas com duas alunas de um curso de matemática.

Analisando ainda dissertações, foi estudado o trabalho de Celestino (2000) *“Ensino-Aprendizagem da Álgebra Linear: as pesquisas brasileiras na década de 90”*. Ela foi realizada no Mestrado em Educação Matemática da PUC-SP e o objetivo era coletar e apresentar as pesquisas de autores brasileiros sobre ensino-aprendizagem de álgebra linear, realizadas na década de 90. A contribuição brasileira pesquisada foi analisada e inserida no contexto das pesquisas feitas em nível mundial desse ramo da matemática.

As ideias referentes aos problemas de ensino-aprendizagem de álgebra linear foram estudadas através da dissertação *“Alguns aspectos problemáticos relacionados ao ensino-aprendizagem da Álgebra Linear”* do Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática da UFPA. O autor Coimbra (2008), analisou as diversas considerações sobre dificuldades que os alunos enfrentam no estudo de álgebra linear, bem como as defasagens que eles trazem do ensino médio.

A tese de doutorado em educação matemática realizada pela PUC-SP da autora Karrer (2006) cujo título é *“Articulação entre Álgebra Linear e Geometria: um estudo sobre as Transformações Lineares na perspectiva dos registros de representação*

semiótica”, serviu também de inspiração para a execução dos procedimentos desse trabalho. A autora trabalhou com o *design* de atividades sobre o objeto matemático “transformação linear”, explorando a conversão de registros em um ambiente de geometria dinâmica.

Buscando ainda embasamento teórico, a dissertação de Padredi (2003), do Mestrado em Educação da PUC-SP, cujo título é: “*As “Alavancas-Meta” no discurso do professor de Álgebra Linear*” contribuiu como uma análise dos recursos “meta” sugeridos por professores para facilitar a compreensão da noção de espaço vetorial. Apesar de não ser o tema deste trabalho, a leitura da dissertação de Padredi lança um novo olhar sobre o ensino-aprendizagem de transformações lineares, uma vez que espaços vetoriais é um conteúdo que antecede transformações lineares e por isso torna-se interessante observar as bases em que um futuro conteúdo será lecionado.

Ao ler a dissertação de Padredi, surgiu a questão: O que são recursos “meta”? Buscando responder essa indagação foi estudada a dissertação de Oliveira (2005) do Mestrado em Educação Matemática da PUC-SP, cujo título é: “*Como funcionam os recursos-meta em aula de Álgebra Linear?*”. O objetivo desse trabalho era investigar os recursos-meta, utilizados por um professor de álgebra linear, em sala de aula, e o modo como ajudaram alguns alunos na compreensão da noção de base. Como Dorier (2000) afirma sobre o recurso-meta é:

(...) informação que diz respeito ao que constitui o conhecimento matemático (métodos, estruturas, (re) organização). Os métodos são definidos como os procedimentos aplicáveis a um conjunto de problemas semelhantes em um dado campo: os métodos designam aquilo que há de comum à resolução de problema e não à própria técnica (o algoritmo). Isto implica em uma certa classificação de problemas a resolver e a identificação das técnicas e ferramentas disponíveis. (Dorier et al, 2000, p. 15)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tratando-se, por exemplo, da aprendizagem algébrica muito se tem a comentar. Compreender o significado das variáveis significa, num extremo, que o estudante consiga obter significado para as equações e situações que relacionam determinadas representações, que consiga analisar a dependência existente entre elas, estabelecendo relação entre as diversas formas de exibição dessa dependência, seja por meio da escrita abstrata ou através da escrita geométrica: um gráfico, um diagrama, ou até mesmo por meio de uma sentença escrita na linguagem comum. Essa descrição refere-se, na verdade, aos objetivos do estudo da álgebra.

Analisando assim o ensino da álgebra atualmente, torna-se necessário um novo repensar da disciplina enquanto conteúdo e formadora de cidadãos. Muitas vezes a álgebra tem sido lecionada em salas de aula apenas como um conteúdo de fórmulas, mas deve ser encarada como uma disciplina viva e que se relaciona

com o mundo. Tal conteúdo está presente em todos os momentos, em cada ação humana, mas, pelo fato de ser ensinada apenas de forma tradicional é ligada apenas a memorização e repetição de fórmulas. É preciso relacionar a álgebra também com o cotidiano e fazer dela um estudo prazeroso. Para se aprender esta disciplina precisa-se com certeza de direcionamento e demonstração da aplicação prática em um primeiro momento. No desenvolver dos estudos deve-se encaminhar para a abstração da verdadeira matemática: não apenas aquela dos livros didáticos, mas, também a que se usa no dia a dia. Para se aprender a matemática, não se precisa de muito, necessita-se da realidade de transpor o papel conteudista e visualizar a aplicação cotidiana desta disciplina.

As crescentes necessidades do uso da álgebra linear em áreas aplicadas associaram o uso desta disciplina com computadores em cursos de graduação. No passado, o que prevalecia no ensino dela era a forma abstrata do conteúdo, muitas vezes as aplicações e importâncias desta eram relegadas a segundo plano. O alto nível de abstração com que esta disciplina era ministrada impedia o entendimento de grande parte dos alunos, principalmente dos fundamentos, o que dificultava a utilização em disciplinas futuras do curso.

É importante observar, com relação aos tipos de aprendizagem, que não se aprende uma só coisa de cada vez, ao contrário aprendem-se várias. Para que alguém possa gerar o hábito de compreender, é necessário que queira aprender. Com tudo é necessário que o professor saiba motivar seus alunos.

O professor, para gerar a motivação em seus alunos de modo que o aprendizado neles ocorra de uma forma importante, pode lançar mão de uma série de recursos para fazer tal prática. Cita-se como exemplo o fato de demonstrar as importantes aplicações que o conteúdo lecionado apresenta em consonância com a disciplina lecionada.

No entanto, sabemos que a mudança é lenta, visto que muitos professores que hoje estão em sala de aula também tiveram aulas conteudistas e não sabem ao certo lidar com todas essas transformações. Mas temos a certeza que precisamos mudar e que diante de tantas informações poderemos buscar novas metodologias e atitudes para motivar e auxiliar nossos estudantes na busca por uma educação mais eficaz.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Cláudia C. V. B. **A metamatemática no livro didático de Álgebra Linear**. São Paulo, 2012, 110f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.

BOYER, C. B.; MERZBACH, C. U., **História da Matemática**. 3. ed. São Paulo: Blücher, 3ª, São Paulo, 2012. 512p.

CELESTINO, Marcos Roberto. **Ensino-Aprendizagem da Álgebra Linear: as pesquisas brasileiras**

na década de 90, 2000, 114f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo.

COIMBRA, Jarbas Lima. **Alguns Aspectos Problemáticos Relacionados ao Ensino-Aprendizagem da Álgebra Linear**, 2008, 70f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) - Universidade Federal do Pará.

CORTELLA, Mário Sérgio. **A escola e o conhecimento: fundamentos epistemológicos e políticos**. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2000. 125p.

FRATELLI, Bianca Cristina; MONTEIRO, Martha Salermo. **As Dificuldades do Ensino e Aprendizagem de Álgebra Linear**. São Paulo. 2007. Disponível em: www.ime.usp.br/~cpq/main/arquivos/outros/Bianca%2520Cristina%2520Fratelli.pdf+&cd=2&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br Acesso em: 31 mar. 2013.

KARRER, Mônica. **Articulação entre Álgebra Linear e Geometria: Um Estudo Sobre as Transformações Lineares na Perspectiva dos Registros de Representação Semiótica**, 2006, 372f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.

KARRER, Mônica. **Transformações Lineares: A problemática das tarefas que têm o Gráfico como registro de partida**. In: IX ENEM – Encontro Nacional de Educação Matemática. 2009, Belo Horizonte. Disponível em: http://www.sbem.com.br/files/ix_enem/Html/comunicacaoCientifica.html Acesso em: 31 mar. 2013.

MACHADO, Nilson José. **Epistemologia e didática: as concepções de conhecimento e inteligência e a prática docente**. 3 ed. São Paulo: Cortez, 1999. 87p.

MONROE, Paul. **História da Educação**. São Paulo: CEN, 1978. 209p.

MILIES, César Polcino. **Breve História da Álgebra Abstrata**, 2011. Disponível em: <http://www.bienasbm.ufba.br/M18.pdf> Acesso em 31 mar. 2013.

NIETO, Solange dos Santos; LOPES, Célia Mendes Carvalho. **A importância da disciplina Álgebra Linear nos cursos de Engenharia**. In: WCCSETE - World Congress on Computer Science, Engineering and Technology Education. São Paulo, 2006. Disponível em: http://www.mackenzie.br/fileadmin/Graduacao/EE/Producao/2007cobenge_tensoes_algebra_linear_1_.pdf Acesso em 31 mar. 2013.

NOBRE, Marcelo. **O uso do software Matlab para o estudo de alguns tópicos de Álgebra Linear**. Brasília, 2012. Disponível em: www.ucb.br/sites/100/103/TCC/22005/MarcelloNobreCardoso.pdf Acesso em 31 mar. 2013.

NUNES, Ruy Afonso Costa. **História da Educação na Idade Média**. São Paulo: EDU/EDUSP, 1979. 158p.

OLIVEIRA, Luis Carlos Barbosa de. **Como funcionam os recursos-meta em aula de Álgebra Linear?** 2005, 125f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo.

OLIVEIRA, Viviane Cristina Almada de. **Sobre a produção de significados para a noção de Transformação Linear em Álgebra Linear**, 2002, 187f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro.

PADREDI, Zoraide Lúcia do Nascimento. **As “Alavancas-Meta” no discurso do professor de Álgebra Linear**, 2003, 179f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.

RONNEY, Anne. **A História da Matemática** - Desde a criação das pirâmides até a exploração do Infinito, São Paulo: M.Books do Brasil, 2012. 216p.

STELBACH, Simone et al. Matemática e didática, São Paulo: Ed. Vozes, 2010. 166 p.

TEIXEIRA, Paulo Jorge Magalhães et al. **O ensino de Transformações Lineares com o auxílio do CABRI**. 2011, XIII CIAEM. Disponível em: http://www.cimm.ucr.ac.cr/ocs/index.php/xiii_ciaem/xiii_ciaem/paper/viewFile/989/365 Acesso em 31 mar. 2013.

UMA POSSIBILIDADE DE CONCEBER A MATEMÁTICA E REALIDADE - MODELAGEM MATEMÁTICA NA EDUCAÇÃO

Morgana Scheller

Instituto Federal Catarinense – *Campus* Rio do Sul
Rio do Sul - SC

Lariça de Frena

Instituto Federal Catarinense – *Campus* Rio do Sul
Rio do Sul - SC

Alan Felipe Bepler

Instituto Federal Catarinense – *Campus* Rio do Sul
Rio do Sul - SC

Tayana Cruz de Souza

Instituto Federal Catarinense – *Campus* Rio do Sul
Rio do Sul - SC

RESUMO: Neste artigo, apresenta-se uma reflexão sobre matemática e realidade, possíveis relações, bem como as significações dadas por acadêmicos do curso de Licenciatura em Matemática a essas possíveis relações quando transposta para o ensino de matemática. Portanto, trata-se de um estudo teórico e empírico desenvolvido em uma instituição pública do sul do Brasil. Os dados foram obtidos com sete acadêmicos durante o desenvolvimento da Metodologia de ensino de Matemática para a Educação Básica, no primeiro semestre de 2017. Para tanto foram

empreendidas três fases/etapas. Na fase de percepção e apreensão realizou-se um estudo sobre concepção de matemática e realidade baseado em fundamentos filosóficos. Já na fase de compreensão e explicitação buscou-se apontar convergências entre matemática e realidade e como estas podem ocorrer na utilização da modelagem matemática na educação. Finalmente explicita os resultados, quatro possíveis propostas de modelagem na educação, resultado da significação e expressão dos acadêmicos ao conhecimento construído ao longo do estudo, o qual leva em consideração que a matemática relacionada à realidade pode potencializar os resultados no processo de ensino e aprendizagem.

PALAVRAS-CHAVE: Formação de professores. Ensino de Matemática. PCC.

ABSTRACT: In this article, we present a reflection about mathematics and reality, possible relations, as well as the meanings given by academics of the degree course in Mathematics to these possible relations when transposed to the teaching of mathematics. Therefore, it is a theoretical and empirical study developed in a public institution in the south of Brazil. The data were obtained with seven academics during the development of the Mathematics Teaching Methodology for Basic Education, in the first half of 2017. For

this purpose, three phases / stages were undertaken. In the phase of perception and apprehension, a study was carried out on the conception of mathematics and reality based on philosophical foundations. Already in the phase of comprehension and explicitation we tried to point out convergences between mathematics and reality and how these can occur in the use of mathematical modeling in education. Finally, it explains the results, four possible modeling proposals in the education, result of the signification and expression of the academics to the knowledge constructed throughout the study, which takes into account that reality-related mathematics can potentiate the results in the teaching and learning process.

KEYWORDS: Teacher training. Mathematics Teaching. PCC.

1 | INTRODUÇÃO

Por vezes discute-se a respeito dos motivos que levou o ser humano a questionar-se sobre a realidade e utilizar a matemática para melhor explicar ou resolver seus problemas e, por conseguinte, produzir conhecimento. Foi instinto, necessidade ou curiosidade? Com certeza, estes entre outros, são fatores que impulsionaram a Ciência. O conhecimento produzido derivou da luta pela sobrevivência e da tentativa de decifrar parte do universo.

Forbes e Dijksterhuis (1963) afirmam que é difícil estabelecer quando a Ciência foi criada, pois desde os primeiros tempos foram encontrados registros de fenômenos naturais observados pelo homem. No quarto milênio a.C., a criação da escrita na Mesopotâmia, e posteriormente no Egito, possibilitou a melhor percepção do papel das observações e de dados científicos destas primeiras civilizações, pelos seus registros de evolução, tanto da matemática, como das técnicas e ciências desenvolvidas.

Os autores ainda alegam que, nestas regiões, inicialmente a Ciência era ensinada como um conjunto de regras práticas para auxiliar a resolução de problemas reais, cujas explicações dos fenômenos eram atribuídas aos deuses. O desenvolvimento da Matemática e da Astronomia, inicialmente na Mesopotâmia e posteriormente no Egito, foi um importante marco para a resolução dos problemas práticos advindos da revolução urbana. Isto ocorreu na época dos antigos impérios, na Idade do Bronze, sendo que as maiores evoluções se deram na agricultura e nas técnicas a ela relacionadas, devido à complexidade dos problemas existentes, o que possibilitaram o desenvolvimento das técnicas pré-clássicas.

Um pressuposto considerado por pesquisadores como início da História da Ciência Natural, seria o que considera Tales de Mileto (640-546 a.C.) como seu precursor, ao propor uma hipótese para explicar fenômenos naturais. Além disso, apresentam diversas tendências filosóficas gregas, que teriam implicações diretas no desenvolvimento da Ciência, entre elas, o Pitagorismo, Eleatismo, Atomismo, Platonismo, Aristotelismo, Estoicismo e o Neoplatismo, como filosofias que

impulsionaram o avanço da Ciência, na busca da compreensão dos fenômenos físicos, considerando os pensadores gregos como os iniciantes à prática da Ciência do ponto de vista ocidental (FORBES; DIJKSTERHUIS, 1963).

Tal consideração deve-se ao fato de introduzirem diferentes modalidades de pensamento, conceitos e métodos que influenciam até hoje os fundamentos da Ciência ocidental moderna. Foi o Platonismo Pitagórico que possibilitou identificar a importância da Matemática no desenvolvimento das ciências, ao criar sistemas dedutivos para explicação de fenômenos naturais. O desenvolvimento da Matemática, pelo método grego, buscou tratá-la como um edifício lógico abstrato, com base em definições e axiomas e em sistemas dedutivos, os quais foram utilizados em processos de investigação das Ciências.

Percebe-se que estas origens, estímulos e avanços da Matemática e das Ciências, apresentados por Forbes e Dijksterhuis (1963), sempre estiveram relacionados aos avanços sociais e intelectuais das sociedades em que estavam inseridas, portanto relacionadas à realidade. Se inicialmente a Matemática ocidental foi utilizada apenas como uma simples ferramenta na resolução de problemas práticos, graças aos filósofos e matemáticos gregos, desde então, sua evolução tem possibilitado a investigação e evolução de diversos ramos das ciências, na busca da compreensão do mundo e da natureza em que vivemos.

Assim, a Matemática vem sendo construída há milênios. Resultados e teorias milenares se mantêm válidos e úteis e, ainda, continuam a desenvolver-se permanentemente. Compreender como a matemática estabelece relações com a realidade pode significar um estudo por meio de um método de ensino com pesquisa - modelagem na educação. Ademais, deve-se destinar atenção em como melhor proporcionar condições para a apropriação desse conhecimento.

Desta forma, compreender e significar as relações entre matemática e realidade (também por meio da modelagem) deve ser tarefa de um acadêmico do curso de Licenciatura em Matemática. Sendo assim, questiona-se: como os acadêmicos percebem essas relações e que significações emergem quando as pretensões são o ensino do saber acumulado? Na procura de respostas a esses questionamentos, o presente trabalho apresenta uma reflexão sobre tais compreensões e relações, seguida da explicitação de propostas pedagógicas que procuram ilustrar a matemática na realidade e a realidade na matemática. Propostas estas oriundas de um processo de significação dos acadêmicos que busca refletir como ensinar o conhecimento historicamente acumulado.

2 | DA REALIDADE À MATEMÁTICA E DA MATEMÁTICA À REALIDADE

Procurar a compreensão das relações matemáticas na realidade e realidade na matemática perpassa os significados existentes nelas e entre elas. Torna-se

necessário trazer a tona subsídios teóricos para análise do processo de ensino de realidade da matemática na realidade.

Mas, o que é Matemática? A busca por conceituá-la remete ao risco de deixar aspectos importantes fora dele. Segundo Machado (1997), a Matemática, do grego *máthēma* – quer dizer aprendizagem, significando o que se pode aprender. Uma definição simplista, encontrada em Houassis (2017), é que: Matemática é a “ciência que estuda, por meio do raciocínio dedutivo, as propriedades dos seres abstratos (números, figuras geométricas etc.), bem como as relações que se estabelecem entre eles”.

Para Davis e Hersh (1985) a Matemática, na versão platônica, refere-se a entidades (formas e ideias) que têm existência objetiva, fora da mente do matemático (totalmente independente do conhecimento sobre eles), mas também não se encontram no mundo empírico. Segundo o formalismo, a matemática consiste somente em axiomas, definições e teoremas, não havendo objetos matemáticos. Do ponto de vista construtivista, oposta às duas anteriores, a matemática é vista como o que pode ser obtido na construção finita.

Para os racionalistas, a matemática era o melhor exemplo para confirmar a visão de mundo. Para os empiristas, ela era um contraexemplo embaraçoso, que tinha que ser ignorado ou explicado de alguma maneira. [...] a matemática contém conhecimento independente dos sentidos, então o empirismo é inadequado como explicação de todo conhecimento humano. [...] a matemática sempre desempenhou um papel especial na batalha entre o racionalismo e o empirismo (DAVIS; HERSH, 1985, p. 365).

Ao longo da história da humanidade, dificilmente alguma civilização não tenha produzido algum tipo de Matemática, por mais rudimentar que seja. Partes desta produção estão a disposição na atualidade. Davis e Hersh (1985) e Machado (1997) descrevem considerações sobre esta ciência, destacando aspectos da realidade ao longo da existência.

A compreensão de realidade também é proposta pelo Platonismo. Machado (1997, p. 19), afirma que “a ideia fundamental do Platonismo é que as entidades verdadeiramente reais – as formas ou as ideias – eram os modelos ideais dos objetos do mundo físico ou das situações ideais”. Para Platão, a realidade concreta não era senão um mundo de aparências. Segundo Araújo (2002), tudo o que vemos e percebemos na realidade (mundo real) são representações imperfeitas de formas que existem, independente do tempo e do Homem.

Segundo Davis e Hersh (1985), os problemas da realidade pertencem ao que Platão denominava mundo sensorial: são problemas de nosso cotidiano tais como o movimento de corpos, a temperatura em uma cidade, problemas relacionados à economia de um país, dentre outros.

A realidade, segundo Bicudo (2000) é construída, é percebida, é criada. A realidade é o mundo, mas não o mundo cartesiano que tem sua existência em si mesmo, totalmente separada do humano. Trata-se do mundo entendido como

horizonte de relações no qual vivemos e nos situamos com nossos estudantes.

A realidade ao ser percebida pelo ser humano leva à construção de conhecimento. D'Ambrósio (2012) entende-a por meio de várias manifestações:

uma realidade individual, nas dimensões sensorial, intuitiva, emocional, racional; uma realidade social, que é o reconhecimento da essencialidade do outro; uma realidade planetária, o que mostra sua dependência do patrimônio natural e cultural e sua responsabilidade na preservação; uma realidade cósmica, levando-o a transcender o espaço e o tempo e a própria existência, buscando explicações e historicidade. (p. 16)

Ademais, o autor também afirma que o conhecimento se dá a partir da ação do conhecer sobre a realidade, decorrente de situações problemas reais. E uma oportunidade de propormos atualmente reflexões acerca da realidade na matemática e matemática na realidade pode ser concretizada por meio de propostas com modelagem matemática, visando estudar problemas da realidade na busca de propor soluções.

Embora os registros de modelagem tenham ocorrido em tempos idos, após os primeiros registros da ciência, ela provavelmente foi utilizada porque o ser humano tem o hábito de experienciar.

A história do homem sobre a terra mal devia ter começado quando ele começou a modelar instrumentos e objetos, pois estes são encontrados junto dos seus restos. Muito cedo, por conseguinte, se afirmou como o *homo faber*, o homem fabricante. A própria vida lhe impunha a necessidade de resolver problemas tais como alimentar-se, aquecer e proteger-se, a si e à família. As lendas e os mitos de muitos povos têm como razão vincado a importância da sua primeira conquista, a obtenção do fogo para os aquecer e proteger e para alargar a escala de produtos naturais e serem usados como alimento, muito dos quais seriam intragáveis se não fossem convenientemente cozinhados (FORBES; DIJKSTERHUIS, 1963, p. 25).

A arte de modelar é inerente ao ser humano, visto que ele utiliza representações (modelos) nas mais diversas áreas do conhecimento desde os tempos remotos (BIEMBENGUT, 2004): o modelo de caça, o modelo de família (agrupamentos), o modelo de obtenção de alimentos, um modelo de comunicação e expressão, dentre outros. Um modelo é uma representação de fenômeno, uma informação, uma ideia que estimula a criar, interpretar ou idealizar algo, ou ainda, consiste em criar um novo modelo, modificando algum modelo já existente. Para Biembengut (2004, p. 17):

[...] nenhum modelo ou forma de representar é casual ou rudimentar. É, antes, a expressão das percepções da realidade, do desejo, da aplicação, da representação. A representação ou reprodução de alguma coisa – modelo requer uma série de procedimentos que passam pela observação cuidadosa da situação ou fenômeno a ser modelado, pela interpretação da experiência realizada, pela captação do significado do que produz.

A origem dos modelos e a história da modelagem encontra-se mergulhada nos registros da ciência. Atualmente várias são as definições do que vem a ser modelagem: a ação que objetiva a feitura de modelos; ou processos utilizados na

elaboração de um modelo. Em matemática, ele pode ser concebido como um conjunto de símbolos os quais interagem entre si representando alguma coisa por meio de desenho ou imagem, projeto, esquema, gráfico, lei matemática, dentre outras formas (BIEMBENGUT, 2004; BASSANEZI, 2006).

Para Bassanezi (2006), modelagem consiste na arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e de resolvê-los interpretando suas soluções na linguagem do mundo real. Biembengut (1997) considera que a modelagem é como um meio para integrar esses dois conjuntos aparentemente disjuntos: matemática e realidade. Isto sugere traduzir a linguagem do mundo real para a linguagem do mundo matemático, ou seja, relacionar dois domínios ou mundos distintos.

Reforçando a relação entre matemática e realidade, Biembengut (2016) considera a modelagem como um método de ensino com pesquisa, que pode ser utilizada para solucionar alguma situação-problema ou para compreender um fenômeno utilizando-se de alguma teoria matemática. Como a modelagem matemática perfaz o caminho da pesquisa científica e por considerar que as pessoas sempre recorrem aos modelos para se comunicar, solucionar, ou ainda, compreender e exprimir uma situação-problema, a modelagem tem sido defendida como processo ou método de ensino de matemática, em qualquer fase de escolaridade. A este método Biembengut (2004; 2014; 2016) denomina de modelação ou modelagem na educação.

A modelagem na educação, utiliza do processo da modelagem no processo de ensino e aprendizagem em cursos isolados ou em disciplinas curriculares. Consiste num método de ensino com pesquisa, que também pode ser utilizado em outras áreas do conhecimento. Assim, a modelação orienta-se pelo ensino do conteúdo curricular e pela orientação dos estudantes à pesquisa (BIEMBENGUT, 2004).

Para a autora, o propósito em se utilizar a modelação é maior do que apenas abordar conteúdos curriculares ou de revelar a aplicabilidade deles. Consiste essencialmente em levar os estudantes, em qualquer fase de escolaridade, a pesquisar, construindo conhecimento matemático e apreendendo o verdadeiro significado de pesquisar.

Araújo (2002), visando esclarecer relações entre matemática e realidade, afirma que uma compreensão da modelagem matemática, inspirada no platonismo, seria entendida como uma forma de descrever a realidade por meio da matemática. Em relação ao formalismo, a modelagem consistiria em utilizar alguma teoria formal matemática, existente para resolver um problema da realidade, ou em construir alguma teoria para tal, caso necessário. Esta última estaria mais relacionada à ideia de modelagem como método científico.

Neste sentido, ressalta-se que as diferentes concepções dos professores sobre os propósitos do ensino de matemática e sobre suas compreensões acerca de realidade e de pesquisa direcionam o ensino, uma vez que as compreensões têm forte influência na escolha das práticas/metodologias que utilizam em sala de aula.

Dessa forma, visando ampliar os conhecimentos, por meio de reflexões

provenientes de estudos acerca do processo histórico perpassado pela matemática, destacados aspectos relacionados à realidade, realizou-se o trabalho. Mesmo sabendo que são amplas as compreensões das relações da realidade na matemática e matemática na realidade, este trabalho também uma contribuição para discussão e reflexão na área, além de evidenciar que significações emergem de licenciandos de matemática quando desafiados a planejar o processo de ensino e de aprendizagem de matemática, a partir da realidade.

3 | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Nas últimas décadas intensificaram os estudos a acerca de metodologias de ensino de matemática na busca de melhorar o processo de apropriação do conhecimento matemático historicamente acumulado. Vários métodos de ensino incluídos nesses estudos foram apresentados aos sete acadêmicos (A1, A2, ... A7) do quinto semestre do curso de Licenciatura em Matemática do Instituto Federal Catarinense - *campus* Rio do Sul. Ocorreu durante o primeiro semestre de 2017 ao longo do componente curricular de Metodologia do Ensino de Matemática para a Educação Básica. Nele, além dos conhecimentos teóricos de cada tendência metodológica, os acadêmicos também vivenciavam, anterior à teoria, práticas desenvolvidas sob a respectiva tendência (SCHELLER; BONOTTO; BIEMBENGUT, 2015). Após essas duas ações, vivência e teoria, os mesmos elaboravam atividades/ intervenções com fundamento na tendência as quais objetivavam o ensino de matemática de algum tópico da Educação Básica. Entre elas destacam-se planos de aula, roteiros didáticos ou análise crítica de relatos de experiências já publicados. Tais ações serviram para aliar a teoria estudada à prática, ou seja, o desenvolvimento da práxis docente. Os princípios da formação para a disciplina pautaram-se em Schön (2000) na perspectiva de teoria e prática e reflexão *na, sobre e para* a prática.

Sendo assim, com a pretensão de tornar a Modelagem Matemática na Educação mais compreensível para os licenciandos, a docente sugeriu então que, inicialmente, os mesmos participariam da vivência de uma prática de Modelagem Matemática. Solicitou que se inteirassem sobre o tema para que, no próximo encontro, buscassem solução para a seguinte situação-problema: Como se ‘comporta’ o fotoperíodo (período de luminosidade) em nosso município, ao longo do ano? Tal situação faz parte da realidade dos estudantes e a princípio não apresenta nenhuma resposta já elaborada.

Para que a turma respondesse a situação-problema, a professora fez a mediação de modo que os mesmos perpassassem por vários registros de representação semiótica (representação na língua natural, representação tabular, representação gráfica e representação algébrica), bem como os articulassem. Para que os licenciandos expressassem finalmente uma solução com uso de linguagem algébrica, a docente explorou noções de função trigonométrica seno e cosseno, conceitos

estes necessários para a solução mais adequada ao problema considerando o nível de escolaridade dos estudantes. Desse modo, os acadêmicos vivenciaram uma prática que envolve processos investigativos e processos de ensino de conceitos matemáticos, ou seja, uma prática de Modelagem na Educação (BIEMBENGUT, 2014; SCHELLER, 2017).

Na sequência, a turma refletiu a respeito da prática vivenciada e relacionou a teoria na qual a prática esteve embasada completando assim o ciclo descrito por Scheller, Bonotto e Biembengut (2015). Também se estudou sobre outras concepções de Modelagem na Educação Matemática. Na busca de explorar o princípio de Schön (2000), reflexão na e para a ação, a professora sugere que os estudantes, além de pensarem no processo de modelagem matemática, intentem no redirecionamento do processo para a sala de aula. Para isso sugere, após pequena conversa sobre altitude, temperatura e pressão nos vários pontos do planeta, que determinem a temperatura de ebulição da água no município sede da instituição e em alguns outros pontos de SC (conforme Quadro 1). Com tal atividade, além da tarefa de resolver a situação problema, teriam de visualizar potenciais conceitos a serem explorados na Educação Básica. Ou seja, deveriam expressar a significação do processo de Modelagem como procedimentos para o ensino e pesquisa.

O PONTO DE EBULIÇÃO DA ÁGUA NAS VÁRIAS ALTITUDES.

O físico italiano Evangelista Torricelli, em pleno século XVII, demonstrou que a pressão exercida pela atmosfera sobre a superfície da Terra era denominada de pressão atmosférica. Ao nível do mar, ela é chamada pressão normal e, quantitativamente equivale a 1 atmosfera (1 atm). Desse modo, quanto maior for a altitude de um lugar em relação ao nível do mar, menor é a pressão exercida pela atmosfera.

Assim, com base na explicação sobre os dois fatores (temperatura e pressão) que modificam as mudanças de estado físico da matéria pode-se concluir que: A pressão e a temperatura se encontram de tal maneira relacionadas que, ao variar a pressão, varia também a temperatura em que uma substância muda de estado físico. Desse modo, a temperatura de ebulição da água varia com a pressão atmosférica local e por consequência, pela altitude do lugar. Por ponto de ebulição entende-se a temperatura na qual a substância entra em ebulição sob determinada pressão a uma temperatura constante. Na Figura 1, a seguir, tem-se indicativos do ponto de ebulição da água em locais de altitudes diferentes.



Figura 1 - Temperatura de ebulição da água em diferentes altitudes.

Fonte: http://www.profpc.com.br/Mat%C3%A9ria_transforma%C3%A7%C3%B5es.htm

A) Observando o texto anterior e a Figura 1, fico a pensar: a partir das informações obtidas, qual será o ponto de ebulição da água na cidade de Rio do Sul? E na sua cidade? E no Morro da Boa Vista, ponto mais alto de SC?

A explicitação dessas propostas significa as compreensões obtidas perante a apreensão das concepções de matemática e realidade mencionadas anteriormente e de Modelagem na Educação (vivenciada e discutida). É o fruto de um processo de construção de conhecimento que procura significar as relações entre matemática e realidade por meio da modelagem. Sendo assim, os dados foram constituídos por quatro propostas elaboradas pelos licenciandos nas condições especificadas até então.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As propostas foram organizadas levando em consideração as fases de Modelagem na Educação descritas por Biembengut (2016), a saber: percepção e apreensão, compreensão e explicitação e, significação e expressão. Porém, neste estudo, apresenta-se apenas uma síntese do trabalho realizado, com foco maior nos conceitos matemáticos a serem contemplados em cada uma delas, visto o reduzido espaço que se tem para tal.

Sequência 1 - a proposta dos licenciandos A1 e A2, objetivou, diante de um problema da vida real, proporcionar espaço durante o processo de ensino e de aprendizagem para reflexões e desenvolvimento do pensamento crítico, utilizando-se de conceitos matemáticos para tentar resolvê-lo. Eles conceberam para a resolução da situação problema - a temperatura de ebulição da água - modelo matemático que descreve o fenômeno, o qual foi possível com a abordagem do conceito de *função polinomial do 1º grau* (reta) e definição dos coeficientes linear e angular.

Para isso, propuseram inicialmente uma leitura de um texto sobre o tema, dentre elas, uma imagem ilustrando valores da temperatura de ebulição da água e altitude do local em vários pontos do planeta. Ademais, elaboraram uma série de questionamentos que direcionavam para o apontamento de conjecturas a serem feitas pelos participantes das atividades. A proposta era uma emergência de dados e estudo organizado desses, em tabelas e gráficos, de modo que os participantes buscassem relacionar as grandezas envolvidas no fenômeno. Essa organização deveria contribuir para uma melhor compreensão do modelo que o fenômeno descreve. Modelo este a ser obtido após a significação dos coeficientes angular e linear na situação que estava sendo estudada.

Sequência 2 - a proposta dos licenciandos A3, A4 e A5 objetivou desenvolver a compreensão de progressão aritmética (P.A) por intermédio de função afim e mediar os educandos na obtenção da fórmula do termo geral da P.A. Destaca-se na proposta, o uso do diálogo, como fonte central e norteadora das ações, através de questionamentos e indagações, ele se fundamenta. Os autores propõem a organização dos dados em forma de tabelas e gráficos, com objetivo de compreender e se apropriar das informações coletadas no texto sobre o ponto de ebulição da água. Utilizando, assim estas informações, em pequenas amostras, para indução do

termo geral da P.A.

Sequências 3 - a proposta de A6 foi elaborada na forma de um plano contendo, além dos objetivos e conteúdos e procedimentos, um roteiro didático para subsidiar a quem da proposta fizer uso. Ela pretendia, que ao final da atividade, o estudante fosse capaz de determinar uma função a partir de um conjunto de dados, explorando assim noções de geometria analítica. O foco foi realizar esta construção de forma contextualizada, ou seja, fazendo relação do conteúdo com o fenômeno investigado, não deixando de lado a importância da interpretação do mesmo.

A sequência pretendia, para a construção dos conceitos matemáticos, explorar vários recursos, desde de papel milimetrado até *software* Geogebra. Ademais, contemplava a possibilidade do uso de diferentes registros de representação semiótica (linguagem tabular, gráfica e algébrica) para a percepção da relação entre grandezas. Os autores destacam a relevância de trabalhar o conteúdo de forma a se aproximar da realidade e de socializar a experiência em feiras ou até para a comunidade em geral.

Sequências 4 - a proposta de A7 também foi elaborada na forma de um plano contendo, além dos objetivos e conteúdos. Objetivou relacionar o cotidiano com a matemática e proporcionar sentido contextualizado da equação que gera uma reta. A proposta de Modelagem na Educação se procede de maneira similar à proposta do Tiago, porém ao final é aberto espaço para os alunos realizar um texto e posteriormente é realizado uma discussão para analisar a importância da proposta. Além disso, o foco final da validação do modelo toma direcionamento para maior exploração de função polinomial de 1º grau.

Ao observar as quatro propostas percebeu-se que todos os acadêmicos apropriaram-se dos processos de Modelagem Matemática e de Modelagem na Educação, visto que o último consiste de uma adaptação do primeiro para o Ensino. Biembengut (2014; 2016) destaca que o exercício de adaptação não é tarefa fácil e exige de quem o faz, além de predisposição para sair do sistema, sensibilidade, criatividade e espírito crítico, uma vez que o objetivo quando se trabalha com Modelagem na Educação é o ensino e a aprendizagem por meio da investigação. Ensino e aprendizagem não apenas de matemática.

As propostas contemplaram todas as fases da Modelagem na Educação, embora nem todas as construções tivessem sido elaboradas de forma fragmentada. Isso indica apropriação dos procedimentos e pode vir a contribuir para efetividade na futura prática docente desses licenciandos.

Em relação a relação matemática e realidade, percebeu-se que as propostas elaboradas também contêm em si a essência da realidade e de situações-problema que dela emergem, pois segundo Davis e Hersh (1985), os problemas da realidade pertencem ao que Platão denominava mundo sensorial. Assim, a temperatura de ebulição da água constitui um problema de nosso cotidiano, pois os estudantes necessitam compreender, por exemplo, o sistema de funcionamento da panela de

pressão e os motivos pelos quais não é possível cozinhar batatas no monte Everest.

Ademais, três das quatro propostas evidenciaram em seus propósitos a pertinência de discutir aspectos relacionados aos diversos impactos ou transformações que emergem do estudo do tema, bem como as implicações econômicas e sociais decorrentes, característico da Educação Matemática Crítica de Skovsmose (2001). Indica que não há intenção apenas de focar na abordagem de conceitos matemáticos. Compreendem a realidade como parte do processo de ensino, constituindo assim uma contribuição para o desenvolvimento dos processos de ensino de matemática.

Destaca-se que todos os grupos perceberam e expressaram potencial da atividade apenas para conceitos do Ensino Médio. A ideia de relação entre as grandezas foi comum, tanto quanto a ideia de variação (derivada). Talvez a falta de familiaridade com os propósitos da Modelagem na Educação não permitiu aos licenciandos potencialidades, para anos finais do ensino fundamental, para o estudo de tratamento de informação, razão, proporção, grandezas inversamente proporcionais, dentre outros.

Por fim destaca-se que a proposta idealizada pelos licenciandos A1 e A2 foi implementada na sala de aula por um dos integrantes do grupo. Ocorreu em turma de Ensino Médio regular, em espaço cedido pela professora da turma e também supervisora do licenciando no projeto PIBID (Projeto de Iniciação à Docência). Destarte, esse licenciando sentiu-se instigado a aprender também por meio do fazer, estando assim se constituindo no agir docente. De acordo com Schön (2000), as orientações foram instigadoras e proporcionaram a reflexão sobre a reflexão-na-ação (a elaboração da proposta de modelagem), a qual repousa no ato de pensar sobre a reflexão-na-ação passada, consolidando o entendimento de determinada situação e, desta forma, possibilitando a adoção de uma nova estratégia, nesse caso, a intervenção na ocasião do PIBID.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A matemática relacionada à realidade pode potencializar os resultados no processo de ensino e aprendizagem. Visualizou-se na Modelagem Matemática e na Modelagem na Educação possibilidades desta relação. A significação dada por licenciandos, por meio da elaboração de propostas para a abordagem de conceitos matemáticos no Ensino Médio, é um exemplo. Elaboração esta pertinente e importante, com características do educar pela pesquisa, e que podem a vir incorporar as práticas pedagógicas dos futuros licenciandos.

As significações dadas pelos licenciandos direcionam para a aproximação do ensino das várias realidades vivenciadas pelos estudantes, de modo a contribuir para a formação integral do ser humano e para o desenvolvimento de competências, possibilitando a apreensão de conhecimentos por meio de

interpretação, reflexão, compreensão e significação de conceitos. As propostas também ilustram a criatividade e autonomia na resolução de problemas reais, seja do meio social, cultural ou político em que vive. Porém, exige do professor conhecimento, criatividade, postura de pesquisador e pretensão de construir propostas pedagógicas diferenciadas.

Isso ocorre devido à abordagem da construção de conhecimentos por meio do tratamento de problemas reais e relacionados, na maioria das vezes, à sua área de formação, o que implica na ação e reflexão do estudante sobre a realidade. Também possibilita a integração entre várias ciências, possibilita a transdisciplinaridade, tão necessária para o tratamento das complexidades existentes na atualidade.

Além disso, cabe salientar que atividades a serem contempladas com as propostas apresentadas neste trabalho visam não somente a busca da compreensão de problemas reais, mas também possibilitam o trabalho colaborativo. Incentivam a busca por diferentes olhares ou concepções, propiciadas pelo ato de pesquisar e propor soluções para os problemas e paralelamente, projetar a prática docente.

Acredita-se que propostas de ensino com pesquisa incentivam o futuro licenciando a ser um sujeito interativo e ativo na construção de seus saberes, o que possibilita o saber fazer e o aprender a aprender, fundamentais para a formação das competências formais e política do ser humano.

Em relação aos professores que tenham contato com esse material, a essência do que foi desenvolvido contribuirá para que possam ter uma atitude efetiva na *práxis* enquanto educador matemático. A efetivação de propostas desta natureza valorizará tanto a pesquisa no ensino, fazendo com que o professor realmente seja de um mediador.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, J. L. **Cálculo, Tecnologias e Modelagem Matemática: as discussões dos alunos**. 2002. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2002.

BASSANEZZI, R. C. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática**. 3. ed. São Paulo: Contexto, 2006.

BICUDO, Maria Aparecida V. **Fenomenologia confrontos e avanços**. São Paulo: Cortez, 2000.

BIEMBENGUT, M. S. **Modelagem na Educação Matemática e na Ciência**. São Paulo: Livraria da Física, 2016.

_____. **Modelagem no Ensino Fundamental**. Blumenau: Edifurb, 2014.

_____. **Modelagem matemática & Implicações no Ensino e na Aprendizagem de Matemática**. 2. ed. Blumenau: Edifurb, 2004.

_____. **Qualidade de Ensino de Matemática na Engenharia: uma proposta**

metodológica e curricular. 1997. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

DAVIS, P. J.; HERSH, R. **A experiência Matemática**. Rio de Janeiro: F. Alves, 1985.

D'AMBRÓSIO, U. Um enfoque transdisciplinar à Educação e à História da matemática. In: BICUDO, M. A.V; BORBA, M. C. (Org.). **Educação Matemática: pesquisa em movimento**. 4 ed. São Paulo: Cortez, 2012. p. 13-31.

FORBES, R. J.; DIJKSTERHUIS, E. J. **História da Ciência e da Técnica**, n.1. Lisboa: Ulisseia, 1963.

HOUASSIS. **Dicionário de Língua Portuguesa**. Disponível em: <<http://200.241.192.6/cgi-bin/houaissnetb.dll/frame>>. Acesso em: 10 out. 2017.

MACHADO, N. J. **Matemática e a realidade: análise dos pressupostos filosóficos que fundamentam o ensino da matemática**. 4. ed. São Paulo: Cortez, 1997.

SHELLER, M; BONOTTO, D.; BIEMBENGUT, M. S. Formação continuada e Modelagem: percepções de professores. **Educação Matemática em Revista**. Ano 20, n. 46, p. 16-24, set. 2015.

SHELLER, M. **Modelagem & Linguagem Científica no Ensino Médio**. 2017. 191f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências e Matemática) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, PUCRS, Porto Alegre, 2017.

SCHÖN, D. Tradução de Roberto Cataldo Costa. **Educando o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e aprendizagem**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

SKOVSMOSE, O. **Educação Matemática crítica: a questão da democracia**. Campinas: Papirus, 2001.

LETRAMENTO MATEMÁTICO: A ALFABETIZAÇÃO MATEMÁTICA A PARTIR DE MATERIAIS MANIPULÁVEIS

Pamela Suelen Pantoja Egues

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Matemática
Belém - Pará

Cristiane Ruiz Gomes

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Matemática
Belém – Pará

RESUMO: O presente trabalho busca a compreensão acerca de letramento matemático, a importância na aprendizagem da disciplina, propondo a utilização de materiais manipuláveis como ferramenta para a alfabetização matemática, para que haja possibilidades de letramento, bem como a descaracterização da matemática como disciplina excludente. A partir de pesquisas em escolas que estão localizadas no bairro do Guamá, perímetro onde se encontra a Universidade Federal do Pará, evidenciou-se a carência em utilização de metodologias para o ensino da disciplina. Desta forma, elaborou-se um minicurso para as turmas de Estágio I e III sobre a utilização de materiais manipuláveis. A pesquisa está voltada para o letramento matemático a partir de uma alfabetização matemática do educando. Apresentando justificativa para a utilização destes materiais como ferramenta para a compreensão da linguagem matemática. Dando

maior visibilidade ao material dourado, por se tratar de um material com grande potencial na abordagem de significados dos algoritmos das quatro operações e na linguagem matemática, propriamente dita. Constatou-se a contribuição deste minicurso na formação acadêmica dos graduandos do curso de licenciatura em matemática, a partir de diálogos e questionário.

PALAVRAS-CHAVE: Letramento Matemático. Alfabetização Matemática. Materiais Manipuláveis.

1 | INTRODUÇÃO

A forma abstrata como a matemática muitas vezes é lecionada traz grandes prejuízos aos alunos que, de certa forma, sentem-se excluídos por esse saber que é tido como para poucos, com capacidades intelectuais superiores, tornando-a incompreensível, pois, esta, eventualmente, é ministrada como uma linguagem que não apresenta significado algum para o educando.

Para Gonçalves (2010), letramento matemático é a condição em que compreendemos reflexivamente os textos, tantos orais quanto escritos, cujos conceitos matemáticos estão inseridos, de forma a ultrapassar esses para um plano social e político.

Desta forma, compreendemos letramento matemático como a capacidade de solucionar problemas cotidianos, dos mais simples aos mais complexos, a partir dos conhecimentos matemáticos, fazendo uso consciente da linguagem matemática.

Em seu cotidiano, os alunos resolvem, facilmente, situações em que devem fazer uso de conhecimentos matemáticos, como por exemplo, dividir algo entre seus colegas; entretanto, quando situações-problema, em que deverão fazer uso dos mesmos conhecimentos, são colocadas em sala de aula, estes apresentam dificuldades em resolvê-las.

Observamos nesta dificuldade o paradigma que se encontra o ensino de matemática. Acerca desta dificuldade, encontramos teóricos que apontam o método tradicional de ensino como principal responsável.

Caracterizado pela transmissão de conhecimento, de forma a fazer com que o aluno “aprenda” a partir de memorização, o ensino tradicional muitas vezes não contribui para compreensão dos conteúdos matemáticos, pois não há construção de conhecimento, fazendo com que a linguagem matemática não tenha significado, desta forma, perdendo todo o seu propósito.

Vygotsky (2002 apud PILETTI; ROSSATO, 2011), aponta o meio social como influenciador da aprendizagem e diz que a linguagem realiza mediação com o outro e a relação da pessoa com ela mesma, de forma a regular a comunicação com o mundo externo frente às atividades sociais.

Observamos aqui, a importância da relação saber-professor-aluno, pois o professor possui uma relação mais ampla com o saber que o aluno. Fazer uso de uma linguagem de forma a adequar o seu conhecimento para facilitar a compreensão do educando é um fator importante na aprendizagem. É o que conhecemos como epistemologia do professor.

Desta forma, o ensino da disciplina deve-se atentar ao letramento matemático, fazendo com que o educando construa, de fato, conhecimento matemático.

Para Piaget (1999), a construção de conhecimento se dá a partir da busca pelo equilíbrio, onde os indivíduos passam pela adaptação, que nada mais é do que um equilíbrio e desequilíbrio sobre aquilo que se conhece e aquilo que se está conhecendo.

Uma visão Piagetiana sobre a construção do conhecimento com base no letramento matemático é dado por aprendizado de algoritmos em sala de aula seguido da utilização consciente deste aprendizado em alguma situação-problema do cotidiano.

A teoria das situações didáticas de Brousseau (2006) é uma metodologia que pode ser aplicada para que a matemática venha de forma contextualizada, com o intuito de aproximar o saber do aluno ao saber científico a partir de situações que instigue este aluno a solução dos problemas propostos pelo professor.

Situações contextualizadas apresentam-se como um grande motivador para o aluno, porém a contextualização demasiada pode afetar o letramento matemático,

pois na tentativa de ajudar o aluno na compreensão, o professor subtrai a linguagem matemática necessária para que este venha a ser letrado.

David Ausubel (1983) defende a teoria da aprendizagem significativa, e ressalta que a construção de conhecimento se dá a partir de subsunçores, ou seja, conhecimentos que servem de base para que informações sejam reconhecidos e desta forma, transformadas e agregadas ao conhecimento já existente, fortalecendo, assim os subsunçores.

O que se vê é a não construção de subsunçores, numa perspectiva da teoria da aprendizagem significativa, ou seja, o aluno não é habituado aos significados e sentidos da linguagem matemática, fazendo com que esta não tenha um valor real na vida dos educandos, a não ser como a mera memorização de sinais e símbolos para que este venha a ser aprovado na escola.

Deste modo, é necessário que se tenha uma alfabetização matemática, onde o professor busque habituar os seus alunos a linguagem matemática e o seu significado, para que esta tenha sentido e desta forma, o aluno tenha possibilidades de construir o letramento matemático.

A alfabetização, neste sentido, vem a ser a construção inicial dos subsunçores que, segundo a teoria da aprendizagem significativa, todos os indivíduos devem construir nos seus primeiros anos de vida, e que mesmo antes de ingressar no ambiente escolar, as crianças possuem, por estarem inclusas no meio social familiar, e que na escola, vem a ser fortalecido como base para os conhecimentos que virão a construir.

Diante de tais dificuldades e propostas acerca do letramento matemático, buscase uma metodologia onde essas barreiras sejam eliminadas de forma a proporcionar a melhor compreensão do aluno na linguagem matemática. Propõe-se a partir de estudos com materiais manipuláveis viabilização da aprendizagem.

Em relação a esta proposta, foi elaborado um minicurso para os graduandos do curso de Licenciatura em Matemática da Universidade Federal do Pará, a partir do Projeto de Apoio e Intervenção Metodológica (PAPIM) buscando uma educação de qualidade.

Desta forma, procurou-se orientar os futuros professores de matemática, a respeito de materiais manipuláveis a partir da utilização deste no ensino-aprendizagem da disciplina. Com base nas pesquisas e resultados obtidos, este trabalho terá enfoque à alfabetização matemática, pois o minicurso foi voltado para alunos de estágio supervisionado I e III, onde se trabalham com as séries iniciais.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

A partir de estudos sobre a utilização de objetos matemáticos, encontramos em Kishimoto (1994) as diferenças entre jogo e material pedagógico, onde ficou clara

a importância da linguagem matemática para que estes materiais não se tornem brinquedos.

Hiuzunga (1951 apud KISHIMOTO, 1994) afirma que o jogo é uma atividade voluntária. Se imposta, deixa de ser jogo. Quando a criança interage com os jogos, ela aprende suas regras, a linguagem presente e, o mais importante, a criança não joga com um objetivo final de adquirir conhecimento ou habilidade, ela apenas brinca por diversão, por prazer.

As justificativas de Kishimoto para a utilização de materiais manipuláveis segue os princípios da teoria construtivista de ensino e é notória a teoria da aprendizagem significativa em sua abordagem sobre a utilização de tais materiais.

A interação do aluno ao manipular o material em sala de aula com os seus colegas ,faz com que as suas múltiplas inteligências sejam desenvolvidas, como apontam Piletti e Rossato (2011).

Para Melo,

O carácter abstrato da linguagem matemática seria, neste sentido, viabilizado em termos de aprendizagem por meio de materiais concretos e manipuláveis que auxiliam o estudo de conceitos, operações e algoritmos considerados difíceis de serem compreendidos pelos alunos. (2013, p. 59)

Kishimoto ainda nos atenta a utilização de linguagem adequada para que a utilização de tais materiais não se torne inutilizável no contexto de ensino, pois a partir do momento que o professor manipula as situações lúdicas com o intuito de contribuir para a aprendizagem, nasce, então, a dimensão educativa.

Melo compreende o domínio da linguagem matemática como uma técnica, e esta é evidenciada na fala do professor. “Compreender uma frase, significa compreender uma língua compreender uma língua significa dominar uma técnica” (WITTGENSTEIN, 2009, p. 113 apud MELO, 2013, p. 70).

Com objetivo de letramento matemático buscam-se metodologias em que se faça possível a compreensão do aluno acerca da importância deste conhecimento, visando a sua contribuição nas soluções de problemas sociais e políticos.

Poucos são os trabalhos encontrados acerca do letramento matemático. Segundo à qual a definição do *Programme for International Student Assessment* (PISA, 2000)

Letramento matemático é a capacidade de um indivíduo para identificar e entender o papel que a matemática representa no mundo, fazer julgamentos matemáticos bem fundamentados e empregar a matemática de forma que satisfaçam as necessidades gerais do indivíduo e de sua vida futura como um cidadão construtivo, preocupado e reflexivo. (OECD/PISA, 2000, p. 20)

Gonçalves em suas pesquisas tenta estabelecer um conjunto de parâmetros para que se possa conceituar letramento matemático e afirma que letramento matemático é “*a condição a partir da qual um indivíduo compreende e elabora de forma reflexiva, textos orais e escritos que contém conceitos matemáticos e, transcende esta compreensão para uma esfera social e política*” (2010, p.10).

Pensando na teoria de aprendizagem significativa, a alfabetização matemática vem como subsunçor para o letramento matemático. Pois, segundo Danyluk,

“O termo alfabetização matemática refere-se aos atos de aprender a ler e a escrever a linguagem matemática usada nas primeiras séries da escolarização. Ser alfabetizado em matemática é entender o que se lê e escrever, o que se entende a respeito das primeiras noções de aritmética, de geometria e de lógica” (2015, p.19)

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

Apartir do Projeto de Apoio e Intervenção Metodológica (PAPIM) da Universidade Federal do Pará (UFPA), foi possível realizar um minicurso voltado para alunos de Estágio Supervisionado I e III do curso de Licenciatura em Matemática, com o objetivo de orienta-los sobre as diversas formas de se ensinar matemática, onde a proposta apresentada foi a utilização de material manipulável. O minicurso ocorreu em dois dias, 28/06 e 05/07/2016. Ocorrendo das 08:00 às 12:00 h, com carga horária total de 8 horas e contou com a participação de 22 graduandos.

Os materiais apresentados no minicurso foram: Ábaco, Material Dourado, Geoplano, Tangran, Torre de Hanói, Algeplan, Xadrez, Dominó das Quatro Operações, Discos de Fração e Escala Cuisenaire.

Para este trabalho, visando a alfabetização matemática, optou-se por dar visibilidade a um material específico, o qual conhecemos como Material Dourado, pois, a partir deste é possível encontrar todo o significado para os algoritmos das quatro operações e representação numérica a partir da composição e decomposição de um numeral, observando assim, a diferença entre número e numeral, fazendo com o que o aluno aprenda, de fato, a linguagem matemática.

O minicurso ocorreu em formato de oficina, distribui-se material para os graduandos de forma que todos pudessem manusear; em alguns dos materiais a quantidade disponível não foi o suficiente, mas orientaram-se os alunos a trabalhar em equipe, para que todos pudessem participar das atividades.

Primeiramente foi feita uma introdução acerca da importância do material, com o objetivo de justificar a proposta de utilização. Com base nos teóricos já citados, fazendo uma breve conceituação sobre informação e conhecimento para estabelecer as diferenças entre o ensino tradicional e o construtivista. E, finalmente, adentrando nos materiais manipuláveis, fazendo distinção entre jogo e material pedagógico como base em Kishimoto (1994) e, então, conceituando jogo educativo.

Após a introdução, iniciou-se a apresentação dos materiais; o primeiro foi o Material Dourado, falando um pouco da história do material, para, posteriormente, falar da sua utilização em sala de aula.

O material dourado é bastante recomendado no ensino das quatro operações. Quando se tratando de linguagem matemática, este vem a ser um ótimo material

para alfabetizar o educando, pois, pelo seu caráter lúdico, desperta o interesse do mesmo em conhecer o objeto em questão.

Mostrou-se a composição do material. Este é composto por quatro peças distintas e complementares, o “cubinho” que representa as unidades; a “barra” que possui dez cubinhos, representando as dezenas; a “placa” que possui dez “barras” e, por consequência, cem “cubinhos”, representando, desta forma, as centenas; e o “cubo grande”, que por construção, possui dez “placas” ou cem “barras” ou, ainda, mil “cubinhos”, representando a unidade de milhar.

Recomendou-se aos graduandos iniciar a explanação do material dourado com os alunos a partir do reconhecimento deste, como, por exemplo: “quantos cubinhos formam uma barra?”; “quantas barras formam uma placa?”; “é possível montar uma barra com 9 cubinho?”.

Mostrando a composição e decomposição de números, a partir do Material Dourado, foi apresentada aos graduandos a origem do famoso “vai um”, quando a soma entre dois numerais ultrapassa unidades e é necessário que se “passe um” para a casa seguinte, justamente porque este muda de ordem no sistema decimal de numeração.

A partir do material dourado demos exemplos de tal mudança, pois, se temos 10 cubinhos, estes representam uma barra, fazendo com que o número de cubinhos zere e o número de barras seja 1; barras representam dezenas, cubinhos as unidades, desta forma, 1 dezena e zero unidades.

Assim, a linguagem matemática vai sendo construída, e o mais importante, apresentando significado.

Seguiu-se adiante, mostrando a diferença entre número e numeral, pois o número é a ideia de quantidade, ou seja, é o material dourado; numeral é a representação do número, escrita ou falada.

Então entrou-se nos algoritmos das quatro operações, donde este apresentou ainda mais significado. O que se quer apresentar aqui é a forma como a linguagem matemática tem significado a partir da alfabetização matemática que está explícita na introdução desses conceitos a partir da utilização do material dourado.

Desta forma, o aluno, com intuito de conhecer o material, conhece a linguagem presente neste que, por consequência, é a linguagem matemática. Portanto, este proporciona a interação direta do aluno com as informações, fazendo com que ele construa o conhecimento.

O minicurso seguiu adiante com Ábaco e Dominó das quatro Operações. O segundo dia começou com Algeplan, o Disco de Frações, a Escala Cuisenaire, o Tangram, o Geoplano, os Blocos lógicos, o Xadrez e a Torre de Hanói.

Constatou-se, ao final do minicurso, a contribuição deste minicurso para a formação dos graduandos, a partir de diálogos e questionários sobre esta. O minicurso foi fundamentado na teoria construtivista de ensino, a partir das situações didáticas de Brousseau, e com embasamento na teoria da aprendizagem significativa

de David Ausubel.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O minicurso ministrado foi uma ótima oportunidade de apresentar aos discentes a importância da utilização de materiais manipuláveis, no que diz respeito ao aprendizado matemático. Tendo em vista que o curso de licenciatura da universidade busca, cada vez mais, formar professores qualificados para enfrentar os desafios que a sala de aula vem a apresentar.

Apontando o risco que se tem na utilização inadequada com uma contextualização demasiada, fazendo com que a linguagem exata que a matemática apresenta se perca na tentativa de aproximar o saber científico ao saber do aluno, quando o que se deve fazer é o contrário.

O questionário resultou que dentre os materiais manipuláveis apresentados, alguns já eram conhecidos pelos alunos: 15 alunos conheciam o Material Dourado, 9 conheciam o Dominó das quatro operações, 17 conheciam o Ábaco, apenas 1 conhecia a Escala Cuisenaire, 8 conheciam o Disco de Frações, 18 conheciam o Tangram, 19 conheciam a Torre de Hanói, 11 conheciam os Blocos Lógicos, 9 conheciam o Geoplano e 2 conheciam o Algeplan. Dos alunos presentes, 21 disseram que aprenderam novas aplicações dos materiais que já conheciam. Todos os alunos presentes disseram que pretendem aplicar este tipo de material em sala de aula, assim como disseram que acharam o minicurso bastante útil. Os alunos também concordaram que é importante utilizar estes materiais em sala de aula.

De acordo com a pesquisa metodológica e os questionários usados no minicurso, tais como o diálogo com discentes e feedback sobre o uso de materiais, foi constatado a aceitação por parte dos graduandos acerca da importância e validade da teoria das situações didáticas de Brousseau para aprendizado de matemática, com uso da teoria da aprendizagem significativa como metodologia útil e eficiente para letramento do aluno, a partir de uma alfabetização matemática, para que todos os conceitos futuros venham a fazer sentido na vida deste.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após iniciado a pesquisa bibliográfica, constatou-se a carência que existe a cerca de letramento matemático. Sem saber da importância da linguagem matemática, muitos professores não se atentam a construção desta.

Ao ingressar na escola, professores buscam somente o domínio da linguagem e escrita natural do educando, quando este já está habituado, no seu cotidiano, com a linguagem matemática, mas sem ter consciência e real significado do uso.

O curso de licenciatura em Matemática da Universidade em questão, não possui

uma disciplina que ofereça orientação quanto a utilização de materiais manipuláveis.

Com base nas análises feitas acerca do questionário, notamos a contribuição efetiva deste minicurso na formação destes alunos, pois, dos 22 graduandos, apenas 15 conheciam o material dourado, o que é um dado alarmante diante da importância deste na aprendizagem dos seus futuros alunos. Assim, nota-se a importância que o minicurso teve para a formação acadêmica dos alunos desta instituição.

Conclui-se aqui que a formação incompleta do professor implica na ausência de metodologias diferenciadas para o ensino de matemática em sala de aula, dentre estas, a aplicação de materiais manipuláveis. A falta de concepção epistemológica do professor, muitas vezes impede que ele utilize metodologias que fogem ao alcance do ensino tradicional, tornando a linguagem matemática puramente simbólica e para efeito de memorização.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. et al. Teoría del aprendizaje significativo. **Fascículos de CEIF**, v. 1, 1983.

BROUSSEAU, G. **Didática e Teoria das Situações Didáticas em Matemática**. Tradução de Maria J. F. da Silva e Saddo Ag Almouloud. São Paulo: PUC, 2006.

DANYLUK, O. S. **Alfabetização Matemática: As Primeiras Manifestações da escrita infantil**. 5. ed. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2015. Disponível em: http://editora.upf.br/images/ebook/alfabetizacao_matematica_PDF.pdf. Acessado em: 10 Mai 2019.

GONÇALVES, H. A. O conceito de letramento matemático: algumas aproximações. **Universidade Federal de Juiz de Fora**, 2010.

KISHIMO, T. M. **Jogo, Brinquedo, Brincadeira e a Educação**. 13 ed. São Paulo: Cortez, 1994.

MELO, L. A. S. **Dois jogos de linguagem**: a informática e a matemática na aprendizagem de função quadrática. 2013. 152 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Educação Matemática e Científica, Belém, 2013. Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas.

OECD. Sample Tasks from Pisa 2000 Assessment. **Reading mathematical and scientific literacy**, 2002. Disponível em: http://www.oecd-ilibrary.org/education/sample-tasks-from-the-pisa-2000-assessment_9789264194274-en. Acessado em: 18 Out. 2016.

PIAGET, J. **Seis estudos de psicologia**. 24. ed. Tradução de Maria A.M. D'Amorim e Paulo S.L. Silva. Rio de Janeiro: Forense, 1999.

PILETTI, N.; ROSSATO, S. M. **Psicologia da aprendizagem: da teoria do condicionamento ao construtivismo**. São Paulo: Contexto, 2011.

MÉTODO DE MÚLTIPLAS ESCALAS APLICADO AO OSCILADOR DE VAN DER POL

Higor Luis Silva

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade
de Engenharia Mecânica
Uberlândia – MG

Denner Miranda Borges

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade
de Engenharia Mecânica
Uberlândia – MG

RESUMO: A equação de Van der Pol é um tipo de oscilador auto-excitado que exibe diferentes escalas temporais que se acumulam em um ciclo-limite. Independente das condições iniciais, é demonstrado que o oscilador converge para um ciclo-limite de amplitude definida. Neste trabalho, o método das múltiplas escalas é aplicado para obter a resposta aproximada do oscilador de Van der Pol, validando a teoria das perturbações. Para tal, é realizada uma expansão temporal de segunda ordem, ou seja, em duas escalas temporais.

PALAVRAS-CHAVE: Dinâmica não-linear, Múltiplas escalas, Van der Pol.

MULTIPLE SCALE METHOD APPLIED TO THE VAN DER POL OSCILLATOR

ABSTRACT: The Van der Pol equation is a type of self-excited oscillator that exhibits

different time scales that accumulate in a limit cycle. Regardless of the initial conditions, it is demonstrated that the oscillator converges to a definite amplitude limit cycle. In this work, the multiple scaling method is applied to obtain the approximate response of the Van der Pol oscillator, validating the perturbation theory. For this, a second order temporal expansion is performed, that is, on two time scales.

KEYWORDS: Nonlinear dynamics, Multiple scales, Van der Pol.

1 | INTRODUÇÃO

A equação de Van der Pol, ou Oscilador de Van der Pol, recebe este nome em homenagem a Balthasar van der Pol, físico e engenheiro eletricitista holandês que propôs o oscilador durante os anos de trabalho na Philips. É relatado que Van der Pol descobriu oscilações estáveis em circuitos elétricos utilizando tubos de vácuo para controlar a corrente elétrica nos transmissores e receptores do circuito. Estas oscilações estáveis são conhecidas atualmente como ciclos-limite.

Guckenheimer *et al.* (2003) citam os feitos de Van der Pol como importantes avanços nos campos de rádio e telecomunicações na primeira metade do século vinte. Segundo os autores, os experimentos realizados por

Van der Pol, sob diferentes condições iniciais, convergiam para a mesma órbita de amplitude finita. Este comportamento, que demonstrava-se diferente das soluções obtidas para equações lineares, levou o mesmo a propor a sua famosa equação diferencial não-linear. Van der Pol (1960) referencia esta equação como equação livre de Van der Pol. Posteriormente, outras importantes características advindas da equação são descritas por Van der Pol (1926), gerando as atualmente conhecidas como “oscilações relaxadas”.

Neste trabalho, o método das múltiplas escalas é aplicado para obter a resposta aproximada do oscilador de Van der Pol, validando a teoria das perturbações. Para tal, é realizada uma expansão temporal de segunda ordem, ou seja, em duas escalas temporais.

2 | FORMULAÇÃO

Considere um sistema massa-mola com movimento oscilatório unidimensional sob ação de uma força restauradora. Para este sistema, tem-se a equação diferencial para a posição u do oscilador, dada na forma geral $\ddot{x} + f(x) = 0$, onde $f(u)$ pode ser uma função linear ou não. A partir dessa equação, pode-se assumir equações do tipo oscilador harmônico, equação de Duffing, entre outros. Portanto, $f(u)$ é um caso geral onde pode-se identificar o tipo de linearidade que a equação diferencial pode assumir em um determinado sistema físico.

Em seguida, reescrevendo essa expressão em um sistema de coordenadas convenientes, tal que $x = u - u_0$, com u_0 sendo a posição de equilíbrio do oscilador, obtém-se a equação diferencial reescrita na forma $\ddot{x} + f(x + u_0) = 0$.

Verifica-se que f pode ser expandido em série de Taylor em torno do ponto u_0 . Com este procedimento, busca-se soluções aproximadas. Logo,

$$f(x + u_0) = \sum_{n=1}^N \alpha_n x^n, \quad \text{com} \quad \alpha_n = \frac{1}{n} f^{(n)}(u_0) \quad (1)$$

e $f^{(n)}$ denotando as n -ésimas derivadas no ponto u_0 . As condições iniciais são dadas pelas posição e velocidades iniciais. A partir das condições iniciais, determina-se as soluções de maneira única.

No método das múltiplas escalas, a ideia principal é aplicar uma transformação na equação diferencial em estudo, sendo ela linear ou não, gerando uma série de equações diferenciais lineares acopladas. Nesse sentido, o método define n variáveis T_n de tempo, dadas por $T_n = \varepsilon^n t$, onde estas variáveis são interpretadas como diferentes escalas de tempo (múltiplas escalas) e tomadas como independentes, desde que o parâmetro ε assuma um valor pequeno (ex: $\varepsilon = 1$).

Para estas diferentes escalas de tempo, observa-se que as derivadas na variável t também devem ser reescritas em termos das derivadas de T_k na forma

$$\frac{d}{dt} = \frac{\partial}{\partial T_0} + \varepsilon \frac{\partial}{\partial T_1} + \varepsilon^2 \frac{\partial}{\partial T_2} + \dots = D_0 + \varepsilon D_1 + \dots \quad \text{e} \quad \frac{d^2}{dt^2} = D_0^2 + 2\varepsilon D_0 D_1 + \dots \quad (2)$$

As derivadas são separáveis pela expansão dos termos de acordo com diferentes ordens de potências de ε . Deste modo, pode-se assumir, então, uma solução para a equação do sistema massa mola, levando-se em conta a expansão dada pela Eq. 1, na forma

$$\mathbf{x}(t, \varepsilon) = \mathbf{x}_0(T_0, T_1, T_2, \dots) + \varepsilon \mathbf{x}_1(T_0, T_1, T_2, \dots) + O(\varepsilon^2) \quad (3)$$

Substituindo as devidas substituições na equação $\ddot{\mathbf{x}} + \mathbf{f}(\mathbf{x} + \mathbf{u}_0) = 0$, obtém-se para cada ordem n em ε uma equação diferencial linear para a componente x_n na série da Eq. 3:

$$\begin{aligned} \varepsilon^0 D_0^2 \mathbf{x}_0 + \omega_0^2 \mathbf{x}_0 &= \mathbf{0}, & \varepsilon^1 D_0^2 \mathbf{x}_1 + \omega_0^2 \mathbf{x}_1 &= -2D_0 D_1 \mathbf{x}_0 - \alpha_2 \mathbf{x}_0^2 \quad \text{e} \\ \varepsilon^n D_0^2 \mathbf{x}_n + \omega_0^2 \mathbf{x}_n &= \mathbf{F}_n(\mathbf{x}_1, \dots, \mathbf{x}_{n-1}) \end{aligned}$$

As soluções das equações de ordens menores aparecem como os termos não homogêneos, $\mathbf{F}_n(\mathbf{x}_1, \dots, \mathbf{x}_{n-1})$ nas equações das ordens maiores. Portanto, este é um método iterativo; por exemplo, a solução da ordem zero influi na solução da primeira ordem, enquanto a solução da segunda ordem está definida pelos efeitos das soluções das ordens zero e um, e assim por diante.

3 | RESULTADOS

Utilizando o método das múltiplas escalas, será utilizada uma perturbação em duas escalas de tempo para avaliar a equação do oscilado de Van der Pol, dada por:

$$\ddot{\mathbf{x}} - \mu(1 - \mathbf{x}^2)\dot{\mathbf{x}} + \mathbf{x} = \mathbf{0} \quad (4)$$

Para uma melhor adequação à notação utilizada na formulação desenvolvida anteriormente, o parâmetro μ será mudado para ε , resultando em $\ddot{\mathbf{x}} - \varepsilon(1 - \mathbf{x}^2)\dot{\mathbf{x}} + \mathbf{x} = \mathbf{0}$.

Na teoria da perturbação por múltiplas escalas, assume-se que a solução é da forma descrita na Eq. 3. Para facilidade de escrita, a variável $x(t, \varepsilon)$ será escrita apenas como x , de forma a evitar qualquer confusão. Assim, é preciso diferenciar ambos os lados da Eq. 3 em relação a t para substituir nos valores de \dot{x} e \ddot{x} . Utilizando a regra da cadeia em derivadas parciais no lado direito da Eq. 3 e as escalas de tempo dadas por $T_n = \varepsilon^n t$, tem-se:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= \frac{\partial x}{\partial T_0} \frac{\partial T_0}{\partial t} + \frac{\partial x}{\partial T_1} \frac{\partial T_1}{\partial t} + \dots = \left(\frac{\partial x_0}{\partial t} + \frac{\partial x_0}{\partial T_1} \frac{\partial T_1}{\partial t} \right) + \varepsilon \left(\frac{\partial x_1}{\partial t} + \frac{\partial x_1}{\partial T_1} \frac{\partial T_1}{\partial t} \right) + \dots \\ &= D_0 x_0 + \varepsilon (D_1 x_0 + D_0 x_1) + O(\varepsilon^2) \end{aligned} \quad (5)$$

Utilizando o mesmo processo para \ddot{x} , e substituindo os resultados na Eq. 4 e agrupando os termos semelhantes de potência ε , a equação se torna

$$D_0^2 x_0 + x_0 + (D_0^2 x_1 + x_1 + 2D_1 D_0 x_0 + (x_0^2 - 1)D_0 x_0) \varepsilon + O(\varepsilon^2) = 0 \quad (6)$$

Como $\varepsilon \neq 0$, para o lado esquerdo da Eq. 6 ser zero, os coeficientes de potência de ε precisam ser zero. Assim, separando as equações, tem-se:

$$\begin{cases} O(\varepsilon^0) : D_0^2 x_0 + x_0 = 0 & (7a) \end{cases}$$

$$\begin{cases} O(\varepsilon^1) : D_0^2 x_1 + x_1 = -2D_1 D_0 x_0 - (x_0^2 - 1)D_0 x_0 & (7b) \end{cases}$$

Seja uma nova variável (τ), definida como $\tau = \varepsilon t$. A Eq. 7a é uma equação de um oscilador harmônico simples. A solução geral pode ser escrita na seguinte forma $x_0(t, \tau) = r(\tau) \cos(t + \phi(\tau))$. Derivando essa expressão para encontrar $D_0 x_0$ e $D_1 D_0 x_0$, e substituindo na Eq. 7b, obtém-se a seguinte forma expandida:

$$\begin{aligned} D_0^2 x_1 + x_1 &= -2r(\tau)\phi'(\tau)\cos(t + \phi(\tau)) - 2r'(\tau)\sin(t + \phi(\tau)) + \\ &\quad - r^3(\tau)\cos^2(t + \phi(\tau))\sin(t + \phi(\tau)) + r(\tau)\sin(t + \phi(\tau)) \end{aligned} \quad (8)$$

É possível simplificar a notação na Eq. 8 definindo $\theta = t + \phi(\tau)$ e aplicando identidades trigonométricas, resultando:

$$D_0^2 x_1 + x_1 = -2r\phi' \cos \theta + \left(-2r' - \frac{1}{4}r^3 + r\right) \sin \theta - \frac{1}{4}r^3 \sin 3\theta \quad (9)$$

Ambos os termos $\cos \theta$ e $\sin \theta$ são termos ressonantes na Eq. 9. Assim, para evitar termos seculares na solução, é preciso definir os coeficientes de $\cos \theta$ e $\sin \theta$ como iguais a zero no lado direito da Eq. 9, uma vez que essas são as próprias soluções da equação diferencial homogênea associada no lado esquerdo da Eq. 9. Portanto, obtém-se que:

$$\begin{cases} -2r\phi' = 0 & (10a) \\ -2r' - \frac{1}{4}r^3 + r = 0 \rightarrow r' = \frac{1}{8}r(4 - r^2) & (10b) \end{cases}$$

A Eq. 10b pode ser escrita como um campo vetorial. Por outro lado, para resolvê-la para seus pontos fixos, que são os pontos para o qual $r' = 0$; e dizendo que $r' = f(r)$, implica dizer que $r(4 - r^2) = 0$. Dessa forma, obtém-se $r' = 0$ ou $r' = \pm 2$. Entretanto, é de interesse apenas no domínio de $r \geq 0$.

A Figura 1 mostra claramente o retrato de fase do campo vetorial do oscilador de Van der Pol em estudo. Na Fig. 1a, percebe-se que as trajetórias que começam acima de 2 convergem para um ciclo-limite de amplitude 2. Por outro lado, na Fig. 1b percebe-se que todas as trajetórias que começam próximas à origem também convergem para um ciclo-limite de amplitude 2. Assim, $r' = 0$ é um ponto fixo instável, enquanto $r' = 2$ é um ponto fixo estável. Portanto, $r(\tau) \rightarrow 2$ à medida em que $t \rightarrow \infty$. A partir da Eq. 10a, tem-se que $\phi' = 0$, então $\phi(\tau) = \phi_0$, onde ϕ_0 é uma constante. Desse modo, $x_0(t, \tau) \rightarrow 2 \cos(t + \phi_0)$ e, conseqüentemente, tem-se que

$$x(t) \rightarrow 2 \cos(t + \phi_0) + O(\varepsilon) \quad (11)$$

à medida em que $t \rightarrow \infty$. Assim, $x(t)$ se aproxima de um ciclo-limite estável de raio $2 + O(\varepsilon)$.

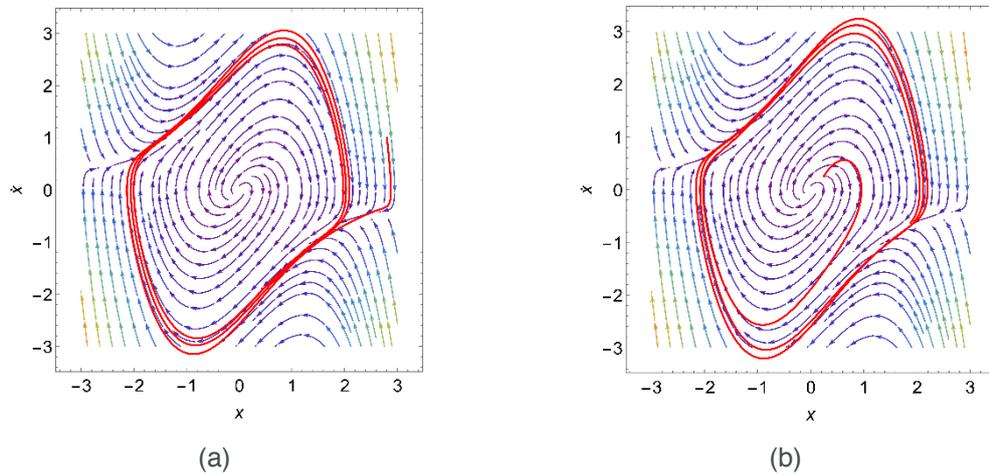


Figura 1: Retrato de fase: (a) Condição inicial acima de 2; (b) Condição inicial próxima da origem.

4 | CONCLUSÕES

A equação de Van der Pol é uma equação não-linear fraca, que não pode ser resolvida na forma explícita. O método das múltiplas escalas, dentro da teoria das perturbações, é capaz de produzir uma boa aproximação para a solução da equação. Foi demonstrado que o método das múltiplas escalas pode ser utilizado para calcular o ciclo-limite do oscilador de Van der Pol.

Neste trabalho, uma expansão de segunda ordem é utilizada para obter-se a solução aproximada. Foi demonstrado que, para quaisquer valores de condições iniciais, a solução é um ciclo-limite de amplitude definida. Para expansões de ordem elevada, o método de múltiplas escalas pode tornar-se algebricamente complicado. Contudo, o método é uma poderosa ferramenta matemática para obter soluções aproximadas de equações diferenciais, como a de Van der Pol, que não possuem solução exata.

5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte financeiro da CNPq, CAPES e FAPEMIG.

6 | DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

REFERÊNCIAS

Guckenheimer, J., Hoffman, K., e Weckesser, W. **The forced van der Pol equation I: The slow flow and its bifurcations**. SIAM Journal on Applied Dynamical Systems, Vol. 2, No. 1, 2003, pp, 1-35.

Van der Pol, B. **A theory of the amplitude of free and forced triode vibrations.** Radio Rev. 1 (1920) 701-710, 754-762; Selected Scientific Papers, Vol. I, 1920.

Van der Pol, B. **LXXXVIII. On relaxation oscillations.** The London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, Vol. 2, No. 11, 1926, pp. 978-992.

ANALISE DE VIABILIDADE DE EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS COM O USO DA SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO

Ianyqui Falcão Costa

Engenheiro Civil e Mestre em Engenharia Civil na área de concentração de Simulação e Gerenciamento de Reservatórios de Petróleo na linha de pesquisa de Análise de Propagação de Riscos e Incertezas na UFPE. Doutorando no Programa de Pós Graduação de Engenharia Civil da UFPE na área de Simulação e Gerenciamento de Reservatórios de Petróleo na linha de pesquisa de Análise de Propagação de Riscos e Incertezas.

Recife – PE.

RESUMO: Com a evolução da tecnologia e internacionalização econômica do mercado, a necessidade de uma modificação na gestão empresarial das organizações com o objetivo de compatibilizar padrões internacionais de qualidade e produtividade fez-se necessária. Devido a esse fato, organizações dos mais diversos ramos do mercado, adotam novas estratégias e ferramentas para o gerenciamento de suas atividades e sobrevivência em um mercado altamente competitivo. Este trabalho apresenta o uso de um software de análise de risco, Crystal Ball, para a análise de investimento de um empreendimento de base imobiliária, no qual, através dos diversos cenários de vendas criados com a simulação de Monte Carlo, analisar-se com mais profundidade a viabilidade do empreendimento. Na estimativa da taxa de

desconto foi utilizado o CAPM, considerando as variações das ações de empresas inseridas no mercado da construção civil.

PALAVRAS-CHAVE: Análise de risco, Simulação de Monte Carlo, Análise de investimentos, Taxa de desconto.

ANALYSIS OF FEASIBILITY OF REAL ESTATE DEVELOPMENTS WITH THE USE OF MONTE CARLO SIMULATION

ABSTRACT: With the evolution of technology and the economic internationalization of the market, the need for a change in the corporate management of the organizations with the objective of reconciling international standards of quality and productivity became necessary. Due to this fact, organizations from the most diverse branches of the market, adopt new strategies and tools for the management of their activities and survival in a highly competitive market. This work presents the use of a Crystal Ball risk analysis software for the investment analysis of a real estate base enterprise, in which, through the various sales scenarios created with the Monte Carlo simulation, we analyze with more the feasibility of the enterprise. In the estimation of the discount rate, the CAPM was used, considering the variations of the shares of companies included in the civil construction

market.

KEYWORDS: Risk analysis, Monte Carlo simulation, Investment analysis, Discount rate.

1 | INTRODUÇÃO

Com a evolução da tecnologia e internacionalização econômica do mercado, a necessidade de uma modificação na gestão empresarial das organizações com o objetivo de compatibilizar padrões internacionais de qualidade e produtividade fez-se necessária. Devido a esse fato, organizações dos mais diversos ramos do mercado, adotam novas estratégias e ferramentas para o gerenciamento de suas atividades e sobrevivência em um mercado altamente competitivo. Dentre essas estratégias e ferramentas encontra-se a utilização de sistemas de análise de viabilidade econômica e financeira, que integram o rol de atividades desenvolvidas pela engenharia econômica na qual, busca identificar benefícios esperados em um dado investimento em detrimento à um outro de mesma categoria. Servindo assim, para subsidiar tomadas de decisões a respeito de valores, custos e alternativas de investimentos.

Diante do cenário exposto, fica claro que, planejamentos precisam ser realizados com prudência, considerando riscos e incertezas tanto intrínsecos da execução do projeto quanto risco e incertezas externos, encontrados no mercado de maneira geral.

Dessa maneira, a simulação de Monte Carlo é considerada uma ferramenta poderosa no auxílio de tomadas de decisões, pois através dos diversos cenários gerados pela simulação, é possível interpretar comportamentos, tanto mercadológicos como intrínsecos do projetos, e analisar os riscos e incertezas associados ao projeto, fazendo com que seja possível uma melhor otimização e gerenciamento dos recursos.

Então, o objetivo central deste trabalho é analisar a viabilidade econômico-financeira de um empreendimento de base imobiliária, utilizando a simulação de Monte Carlo para a geração de diversos cenários de venda das unidades de um edifício. Na estimativa dos valores de venda das unidades do edifício, foi utilizada a técnica da regressão linear, largamente utilizada para avaliações de bens imóveis e na estimativa do custo, foi utilizada o orçamento da própria edificação. Na construção do fluxo de caixa, foi utilizado o CAPM para a estimativa da taxa mínima de atratividade, utilizando como base as variações das ações de algumas empresas do ramo da construção civil.

2 | REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1 Capital Asset Pricing Model (CAPM)

O *Capital Asset Pricing Model* é um método utilizado para calcular o custo de capital próprio de uma empresa levando em consideração o risco do investimento no mercado em que a empresa está inserido e a valorização esperada para o capital da empresa.

O método calcula o custo do capital próprio de acordo com a equação :

$$R_E = R_F + \beta (R_M - R_F) \quad (1)$$

Em que:

R_E é o custo do capital próprio;

R_F é taxa livre de risco;

β é o beta de empresa ou do mercado em análise;

$(R_M - R_F)$ é o prêmio de risco do mercado;

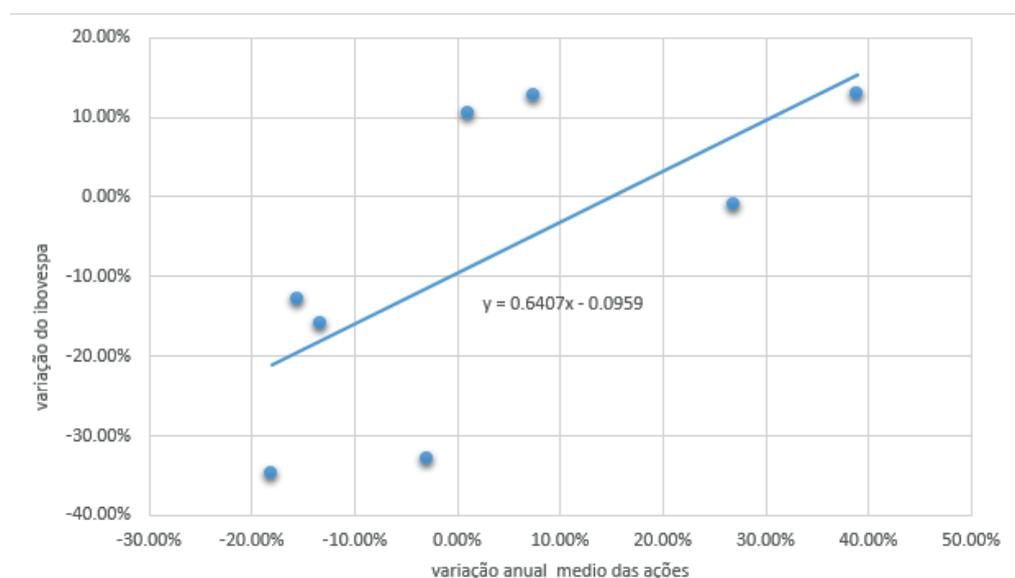


Figura 1: Ajuste do β em relação à variação da ibovespa e das médias das ações de empresas do setor da construção civil. ($\beta = 0.6407$)

Fonte: O Autor

O índice de volatilidade, β , que relaciona o retorno da empresa em análise ou de um setor e o retorno do mercado é obtido através do coeficiente angular da reta ajustada, por uma regressão linear ou mínimos quadrados, pela variação do mercado em comparação com a variação do preço das ações da empresa ou empresas de um setor. O β pode ser interpretado da seguinte forma:

$\beta = 1$ exatamente tão volátil quanto o mercado;

- $\beta > 1$ mais volátil que o mercado;
- $1 > \beta$ menos volátil que o mercado;
- $\beta = 0$ não correlacionado ao mercado;
- $\beta < 0$ negativamente correlacionado com o mercado;

O prêmio de risco do mercado, $(R_M - R_F)$, é calculado através da comparação entre os valores históricos da taxa livre de risco e do retorno do mercado. Na qual, é realizada através da diferença entre as médias aritméticas ou geométricas das taxas em análise. No entanto, uma atenção especial na estimativa do prêmio de risco de mercado em países emergentes deverá ser dada, pois devido a sua volatilidade e a falta de dados confiáveis a estimativa do prêmio de risco de mercado fica prejudicada.

Sendo assim, com o objetivo de superar essa deficiência, Damodaran (2016), calcula o prêmio de risco de mercado para um “mercado maduro”, geralmente considerado pelo índice S&P 500 do mercado dos EUA, e estima um prêmio de risco adicional, baseado no risco do país em análise e então, calcula a diferença entre o spread do Credit Default Swap (CDS) de um título governamental padrão do país em estudo, ou a média dos CDS dos países com mesma classificação de risco, e o “mercado maduro” como o prêmio de risco do país. Por fim, com o valor do prêmio de risco do país calculado, adiciona-se o prêmio de risco do mercado calculado para o “mercado maduro”, obtendo o valor final para o prêmio de risco do mercado em análise.

2.2 Simulação de Monte Carlo

A simulação de cenários através do método de Monte Carlo pode ser descrito como um método de simulação estatística que utiliza a geração de números aleatórios como base para a solução e análises de problemas. Fazendo com que seja desnecessário o desenvolvimento de equações diferenciais para descrever o comportamento de sistemas.

Através da simulação de Monte Carlo, é possível, a realização de uma quantidade muito maior de cenários, em relação a outras técnicas que utilizam uma quantidade limitada de cenários (mínimo, mais provável e máximo, por exemplo), pois ao levar em consideração as características estocásticas das variáveis em análise, os resultados obtidos das simulações são caracterizados por serem uma fonte muito maior de informação para a tomada de decisão dos investidores.

Na sua utilização, a única exigência é que, o sistema físico ou matemático, assim como as variáveis de entrada, sejam representadas por funções de densidades de probabilidades (PDF) que, uma vez que sejam conhecidas, a simulação de Monte Carlo fica responsável pela amostragem aleatória a partir dessas PDF. Este processo é repetido quantas vezes desejar-se, e então os resultados obtidos, são representados por meio de técnicas estatísticas como média, moda, desvio padrão, etc.

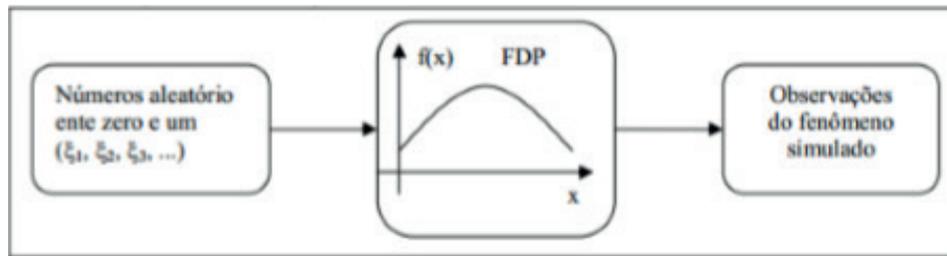


Figura 2: ideia genérica da simulação de Monte Carlo

Fonte: O Autor

3 | METODOLOGIA

A análise de viabilidade realizada nesse trabalho segue as etapas apresentadas a seguir.

3.3 Coleta de dados

O levantamento de dados relacionado ao escopo do projeto, da conjuntura da empresa, do mercado em que a mesma está inserido e de indicadores econômicos faz-se necessário para o desenvolvimento da análise de viabilidade.

3.4 Verificação e Processamento de dados

Após a realização da coleta dos dados, uma comparação sobre a mesma e o mercado local faz-se necessário. Uma análise no orçamento e no cronograma físico do projeto é imprescindível para que a análise da viabilidade seja representativa.

Na estimativa das receitas, o valor das unidades a serem vendidas necessitam de uma coerência em relação ao mercado, sendo assim, é recomendado a realização de uma avaliação através da regressão linear, levando em consideração as boas práticas ressaltadas na NBR 14653-1 e NBR 14653-2.

Assim, uma vez que, tanto as receitas quanto as despesas estejam de acordo com a conjuntura do mercado local é possível partir para a modelagem da viabilidade econômico-financeira.

3.5 Modelagem

A modelagem da análise de viabilidade econômico-financeira é realizada a partir da elaboração de um fluxo de caixa que represente as entradas e saídas de caixa durante a execução do projeto, explicitada no cronograma, devido à isso as etapas anteriores à modelagem faz-se de extrema importância para a representatividade da análise.

Considerando a prudência do uso dos dados, a escolha da taxa mínima de atratividade não poderia ser diferente, por isso, como estimativa da taxa de desconto, o custo médio ponderado do capital (CAPM) foi utilizado, técnica na qual estima uma taxa mínima de atratividade com base em outras oportunidades de investimentos ou,

até mesmo, a estimativa de uma outra taxa de rendimento, de baixo risco, para que um posterior ajuste de risco, que represente o mercado que o projeto está inserido, seja realizado.

3.6 Análise da Viabilidade

Nesta etapa, indicadores como o valor presente líquido (VPL) e a taxa interna de retorno (TIR) são utilizados para a verificação da qualidade do projeto.

3.7 Simulação de Monte Carlo

Com o uso da simulação de Monte Carlo, é possível a realização de diversos cenários, de vendas e despesas, para o projeto em análise. Sendo assim, o objetivo nessa etapa é obter uma função de densidade de probabilidade para os VPL's e as TIR's a partir da variação da quantidade total de unidades vendidas na execução do projeto e da ocorrência ou não de vendas de unidades num mesmo período do projeto.

3.8 Limitações do Modelo

Nas análises realizadas, considerou-se as vendas das unidades como entradas de caixa realizadas naquele mesmo período, ou seja, vendas foram consideradas à vista.

Nas saídas de caixa, não foram considerados nenhum tipo de função de densidade de probabilidade em relação ao orçamento da obra, sendo assim, imprevistos que poderão vir a ocorrer durante a execução do projeto foram previamente incorporado no orçamento do mesmo. Em relação às despesas de corretagem, foi adotado a mesma sistemática das vendas, todas à vista e no mesmo período de realização das mesmas.

Sabe-se que, a análise pode ser bem mais complexa, utilizando funções de densidade de probabilidade para representação de despesas, de taxas mínimas de atratividade além de correlações entre as possíveis variáveis utilizadas. No entanto, este trabalho limitou-se apenas ao estudo da quantidade total de unidades vendidas em conjunto com, a quantidade de unidades vendidas por período, assim como, a influência em que período as vendas foram realizadas.

4 | ESTUDO DE CASO

4.1 O Empreendimento

O empreendimento hipotético a ser analisado é caracterizado por ser residencial, com 2 torres de 22 pavimentos tipo, com 4 unidades por andar, totalizando 176 unidades. Com Padrão de Acabamento Normal, vagas de garagem para todas as

unidades, área privativa das unidades de 64,28m².

O projeto possui apenas um investidor privado sem a intenção de obter-se algum tipo de financiamento por meio de empréstimos. Nos custos relacionados à aquisição do terreno, tratou-se como permuta de unidades fazendo um total de 15% do preço de venda das unidades. Além disso, uma despesa de 5% com corretagem fez-se necessária.

4.2 Orçamento

A tabela (1) indica o orçamento total dos serviços a ser realizado na fase de execução do projeto.

DETALHAMENTO DO ORÇAMENTO		VALOR	%
HABITAÇÃO		R\$ 31,193,159.70	100.00%
1	SERVIÇOS E DESPESAS INICIAIS	R\$ 458,539.45	1.47%
2	SERVIÇOS GERAIS	R\$ 5,302,837.19	17.00%
3	MOVIMENTAÇÃO DE TERRA	R\$ 49,909.06	0.16%
4	FUNDAÇÕES	R\$ 3,743,179.20	12.00%
5	ESTRUTURA	R\$ 6,862,495.19	22.00%
6	PAREDES E PAINÉIS	R\$ 2,208,475.73	7.08%
7	CONTRAPISOS, PISOS E ARREMATES	R\$ 1,559,658.00	5.00%
8	IMPERMEABILIZAÇÃO	R\$ 377,437.24	1.21%
9	REVESTIMENTOS INTERNOS, EXTERNOS E ESPECIAIS	R\$ 2,617,106.12	8.39%
10	ISOLAMENTOS	R\$ 118,534.01	0.38%
11	ESQUADRIAS	R\$ 1,871,589.60	6.00%
12	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E TELEFÔNICAS	R\$ 1,559,658.00	5.00%
13	INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS, SANITÁRIAS, GÁS E CONTRA INCÊNDIO	R\$ 1,413,050.15	4.53%
14	PINTURA	R\$ 1,091,760.60	3.50%
15	FORRO	R\$ 283,857.76	0.91%
16	VIDROS	R\$ 18,715.90	0.06%
17	EQUIPAMENTOS SANITÁRIOS E DE COZINHA	R\$ 302,573.65	0.97%
18	INSTALAÇÕES MECÂNICAS	R\$ 1,253,965.03	4.02%
19	COBERTURA E PROTEÇÃO	R\$ -	-
20	EQUIPAMENTOS DIVERSOS DA ÁREA COMUM	R\$ -	-
21	SERVIÇOS COMPLEMENTARES E FINAIS	R\$ 99,817.84	0.32%
EQUIPAMENTOS DE USO COMUM		R\$ 997,839.25	100.00%
22	MOVIMENTAÇÃO DE TERRA	R\$ 1,235.35	0.12%
23	FUNDAÇÕES	R\$ 92,651.39	9.29%
24	ESTRUTURA	R\$ 169,860.88	17.02%
25	PAREDES E PAINÉIS	R\$ 54,664.32	5.48%
26	CONTRAPISOS, PISOS E ARREMATES	R\$ 38,604.75	3.87%
27	IMPERMEABILIZAÇÃO	R\$ 9,342.35	0.94%
28	REVESTIMENTOS INTERNOS, EXTERNOS E ESPECIAIS	R\$ 64,778.76	6.49%
29	ISOLAMENTOS	R\$ 2,933.96	0.29%
30	ESQUADRIAS	R\$ 46,325.69	4.64%
31	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E TELEFÔNICAS	R\$ 38,604.75	3.87%
32	INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS, SANITÁRIAS, GÁS E CONTRA INCÊNDIO	R\$ 34,975.90	3.51%
33	PINTURA	R\$ 27,023.32	2.71%
34	FORRO	R\$ 7,026.06	0.70%
35	VIDROS	R\$ 463.26	0.05%
36	EQUIPAMENTOS SANITÁRIOS E DE COZINHA	R\$ 7,489.32	0.75%
37	INSTALAÇÕES MECÂNICAS	R\$ 31,038.22	3.11%
38	COBERTURA E PROTEÇÃO	R\$ -	-
39	EQUIPAMENTOS DIVERSOS DA ÁREA COMUM	R\$ 370,820.97	37.16%
INFRAESTRUTURA INTERNA		R\$ 1,998,923.14	100.00%
40	SERVIÇOS PRELIMINARES	R\$ 322,464.59	16.13%
41	TERRAPLENAGEM	R\$ 257,930.07	12.90%
42	ÁGUA POTÁVEL	R\$ -	-
43	ESGOTO SANITÁRIO	R\$ 692,843.73	34.66%
44	ÁGUAS PLUVIAIS	R\$ 116,082.75	5.81%
45	PAVIMENTAÇÃO	R\$ 177,135.27	8.86%
46	ENERGIA E ILUMINAÇÃO	R\$ 99,095.09	4.96%
47	TELEFONE	R\$ 33,031.70	1.65%
48	GÁS	R\$ 97,498.77	4.88%
49	OBRAS ESPECIAIS	R\$ 202,841.17	10.15%
CUSTO DIRETO TOTAL DA CONSTRUÇÃO		R\$ 34,189,922.08	100.00%
CUSTO TOTAL DA CONSTRUÇÃO - COM BDI (20%)		R\$ 41,027,906.50	

Tabela 1: Orçamento detalhado

Fonte: O Autor

4.3 Planejamento físico-financeiro

Em conjunto com o orçamento, R\$41.027.906,50, o planejamento físico-financeiro do projeto foi elaborado. Demonstrando, além do prazo para a execução do projeto, de 22 meses, a quantidade de recursos, em porcentagem, desembolsados por período para a realização do empreendimento.

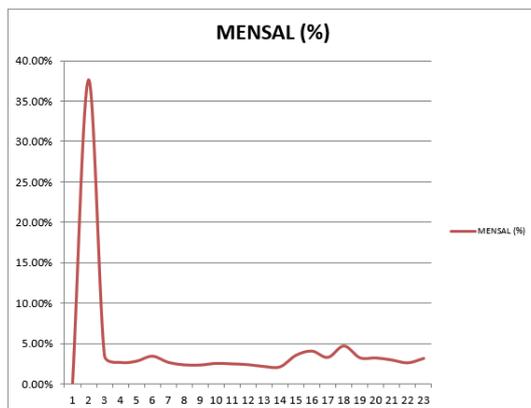


Figura 2: Desembolsos mensais

Fonte: O Autor

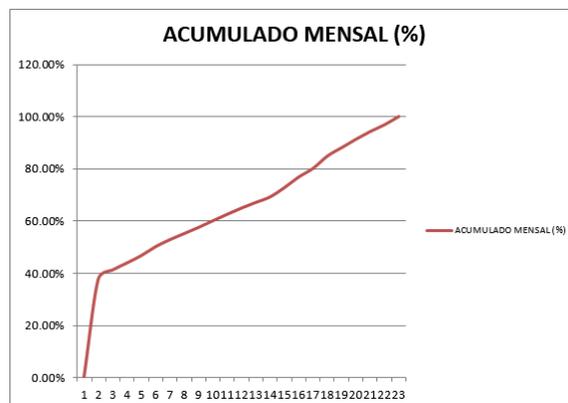


Figura 3: Desembolsos acumulados mensais

Fonte: O Autor

4.4 Estimativa das Receitas

Na estimativa das receitas, primeiramente, foi realizada uma avaliação para a estimativa do valor de mercado das unidades a serem vendidas do empreendimento. Para isso, foi realizada uma pesquisa de mercado de apartamentos à venda em que os dados podem ser verificados na tabela 2 e 3:

Amostra	Ap	PN	PA	EC	Idade	Ln(Preço/Ap)
1	52	1	0	3	1	R\$ 8.52
2	42	1	0	3	9	R\$ 8.36
3	72	1	0	2	8	R\$ 8.15
4	55	1	0	3	3	R\$ 8.54
5	67	0	1	3	6	R\$ 8.55
6	78	0	1	3	8	R\$ 8.61
7	72	0	1	3	2	R\$ 8.56
8	68	1	0	1	10	R\$ 8.25
9	62	0	1	3	5	R\$ 8.50
10	64	0	0	1	12	R\$ 7.87
12	70	1	0	2	13	R\$ 8.14
13	78	1	0	2	15	R\$ 8.10
14	82	0	0	1	19	R\$ 7.64
15	58	1	0	2	12	R\$ 8.36
16	68	1	0	1	21	R\$ 8.21
17	75	1	0	1	14	R\$ 8.02
18	51	0	0	2	16	R\$ 8.22
19	60	0	0	1	19	R\$ 7.89
20	70	0	0	1	16	R\$ 7.93
21	62	0	1	3	5	R\$ 8.58
22	37	0	1	3	7	R\$ 8.54
23	86	0	0	1	18	R\$ 7.67
24	68	1	0	1	17	R\$ 8.32
25	89	0	0	1	22	R\$ 7.71
26	71	0	0	1	15	R\$ 7.89
27	63	0	1	3	6	R\$ 8.73
28	69	1	0	1	15	R\$ 8.07
29	68	1	0	3	8	R\$ 8.32
30	75	1	0	2	12	R\$ 8.42
31	67	1	0	3	6	R\$ 8.64
32	63	1	0	3	8	R\$ 8.73
33	75	0	1	3	9	R\$ 8.50
34	75	0	1	3	10	R\$ 8.56
35	90	0	1	3	6	R\$ 8.58
36	51	0	1	3	2	R\$ 8.92
37	53	0	1	3	5	R\$ 8.66
38	90	1	0	2	11	R\$ 8.21
39	70	1	0	2	8	R\$ 8.55
40	80	1	0	2	7	R\$ 8.49
41	80	0	0	2	16	R\$ 8.18
42	75	1	0	2	10	R\$ 8.42
43	51	1	0	3	3	R\$ 8.57
44	56	1	0	3	5	R\$ 8.67
45	58	1	0	3	8	R\$ 8.53

Tabela 2: Dados coletados

Fonte: O Autor

Ap		PN		PA	
Média	67.41	Média	0.52	Média	0.27
Erro padrão	1.84	Erro padrão	0.08	Erro padrão	0.07
Mediana	68	Mediana	1	Mediana	0
Modo	75	Modo	1	Modo	0
Desvio padrão	12.20	Desvio padrão	0.51	Desvio padrão	0.45
Variância da amostra	148.90	Variância da amostra	0.26	Variância da amostra	0.20
Curtose	-0.03	Curtose	-2.09	Curtose	-0.93
Assimetria	-0.25	Assimetria	-0.09	Assimetria	1.06
Intervalo	53	Intervalo	1	Intervalo	1
Mínimo	37	Mínimo	0	Mínimo	0
Máximo	90	Máximo	1	Máximo	1
Soma	2966	Soma	23	Soma	12
Contagem	44	Contagem	44	Contagem	44
Maior(1)	90	Maior(1)	1	Maior(1)	1
Menor(1)	37	Menor(1)	0	Menor(1)	0
Nível de confiança(95.0%)	3.71	Nível de confiança(95.0%)	0.15	Nível de confiança(95.0%)	0.14

EC		Idade		Ln(Preço/Ap)	
Média	2.20	Média	10.18	Média	8.34
Erro padrão	0.13	Erro padrão	0.82	Erro padrão	0.05
Mediana	2	Mediana	9	Mediana	8.42
Modo	3	Modo	6	Modo	8.32
Desvio padrão	0.85	Desvio padrão	5.44	Desvio padrão	0.31
Variância da amostra	0.72	Variância da amostra	29.64	Variância da amostra	0.10
Curtose	-1.51	Curtose	-0.71	Curtose	-0.33
Assimetria	-0.41	Assimetria	0.38	Assimetria	-0.64
Intervalo	2	Intervalo	21	Intervalo	1.28
Mínimo	1	Mínimo	1	Mínimo	7.64
Máximo	3	Máximo	22	Máximo	8.92
Soma	97	Soma	448	Soma	366.91
Contagem	44	Contagem	44	Contagem	44
Maior(1)	3	Maior(1)	22	Maior(1)	8.92
Menor(1)	1	Menor(1)	1	Menor(1)	7.64
Nível de confiança(95.0%)	0.26	Nível de confiança(95.0%)	1.66	Nível de confiança(95.0%)	0.09

Tabela 3: Estatística Descritiva

Fonte: O Autor

Em seguida, o tratamento estatístico e as verificações dos pressupostos básicos para a regressão linear, recomendados pela NBR 14653-1 e NBR 14653-2, obtendo os resultados demonstrados na tabela 4 e gráficos 3,4,5 e 6:

RESUMO DOS RESULTADOS								
Estatística de regressão								
R múltiplo	91.85%							
R-Quadrado	84.36%							
R-quadrado ajustado	82.30%							
Erro padrão	0.130							
Observações	44							
ANOVA								
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>			
Regressão	5	3.477	0.695	40.997	0.000%			
Resíduo	38	0.645	0.017					
Total	43	4.122						
	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>	<i>Inferior 80.0%</i>	<i>Superior 80.0%</i>
Interseção	8.098	0.208	38.842	0.000%	7.676	8.520	7.826	8.370
Ap	-0.003	0.002	-1.448	15.568%	-0.006	0.001	-0.005	0.000
PN	0.254	0.064	3.943	0.033%	0.124	0.385	0.170	0.338
PA	0.325	0.088	3.711	0.066%	0.148	0.502	0.211	0.439
EC	0.142	0.047	2.992	0.485%	0.046	0.237	0.080	0.203
Idade	-0.011	0.007	-1.512	13.884%	-0.026	0.004	-0.021	-0.002

Tabela 4: Regressão linear

Fonte: O Autor

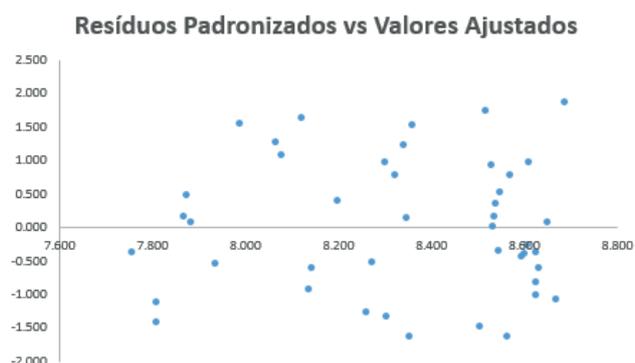


Figura 4: Resíduos Padronizados vs Valores Ajustados

Fonte: O Autor

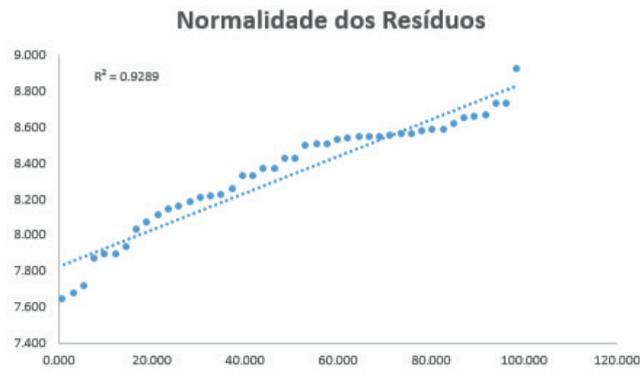


Figura 5: Normalidade dos Resíduos

Fonte: O Autor



Figura 6: Histograma dos Resíduos

Fonte: O Autor

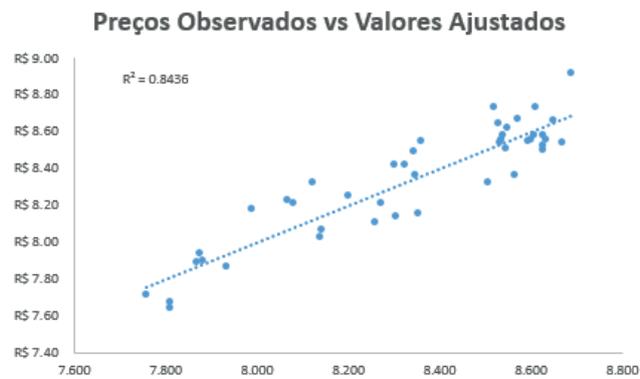


Figura 7: Preços Observados vs Valores Ajustados

Fonte: O Autor

Sendo assim, a equação obtida para a representação da variabilidade dos preços dos apartamentos localizados na região do empreendimento é:

$$Pu = 3287.896 * (0.997)^{Ap} * (1.289)^{PN} * (1.384)^{PA} * (1.152)^{EC} * (0.989)^{Idade}$$

Interpretação dos resultados:

Em condições de Ceteris Paribus:

- A cada 1m² a mais, o *PU* diminui em R\$0,267%/m²;
- Apartamentos com Padrão Normal são 28,9% mais valorizados do que os

apartamentos de Padrão Baixo;

- Apartamentos com Padrão Alto são 38,4% mais valorizado que os apartamentos de Padrão Baixo;
- Apartamentos com estado de conversação normal, são mais valorizados em 15,2% do que os apartamentos com estado de conservação baixo. Apartamentos com estado de conservação alto, são mais valorizado em 15,2% do que os apartamentos com estado de conservação normal;
- A cada ano a mais, o *PU* diminui em 1,098%.

Sendo assim, a estimativa dos valores de oferta das unidades do empreendimento é de:

$$\text{Valor de Oferta dos aptos} = R\$339.566,91$$

Considerando um desconto de 1-% para os valores de venda, obtêm-se para as unidades um valor de venda de:

$$\text{Valor de venda dos aptos} = R\$ 305.610,22$$

4.5 Definição da taxa de desconto

Na estimativa da taxa de desconto a ser utilizada no fluxo de caixa para a análise de viabilidade do empreendimento, foi utilizado o CAPM. Devido a isso, uma pesquisa da rentabilidade do mercado foi realizada, utilizando dados obtidos da pesquisa foi obtido os resultados demonstrados nas tabelas 5, 6 e 7.

variação da taxa selic anual	
2010	10.75%
2011	11%
2012	7.25%
2013	10%
2014	11.75%
2015	14.25%
2016	13.75%
2017	7%
media=	10.72%

Tabela 5: variação da taxa Selic anual

Fonte: O Autor

variação ibovespa anual	
2010	1.04%
2011	-18.11%
2012	7.40%
2013	-15.50%
2014	-2.91%
2015	-13.31%
2016	38.90%
2017	26.90%
media=	3.05%

Tabela 6: variação da Ibovespa anual

Fonte: O Autor

variação das ações de empresas do ramo imobiliário e de construção civil						
anos	cyrela	brasil brokers	tecnisa	gafisa	Mrv	media
2010	-8.77%	52.20%	8.82%	-13.82%	13.73%	10.43%
2011	-30.70%	-40.38%	-7.32%	-64.93%	-30.62%	-34.79%
2012	22.85%	27.67%	-17.13%	14.33%	16.50%	12.84%
2013	-17.75%	-11.11%	8.96%	-19.75%	-24.74%	-12.88%
2014	-20.62%	-46.36%	-54.41%	-35.93%	-6.74%	-32.81%
2015	-29.81%	-48.31%	-26.56%	10.24%	15.51%	-15.79%
2016	40.60%	20.49%	-4.46%	-21.87%	29.99%	12.95%
2017	29.69%	-32.65%	-3.74%	-41.84%	43.53%	-1.00%

Tabela 7: variação das ações de empresas do ramo da construção civil

Fonte: O Autor

Assim, observa-se que, fazendo uma comparação com a variação da taxa Selic e a variação do índice da Ibovespa verifica-se que, enquanto a variação da Selic permaneceu com uma média de 10,72%, com pequenas variações, sendo a máxima de 14,25% e a mínima de 7%, mantendo-se positiva no período observado. A Ibovespa, com média de 3,05%, variou bastante, obtendo uma máxima de 38,90% em 2016 e a mínima de -18,11% em 2011.

Então, como taxa livre de risco (R_F), foi utilizada a taxa Selic acumulada no ano de 2017, sendo igual a 10,11% a. a..

No cálculo do β , como a empresa foi considerada como sendo de capital fechado. Foi calculado um beta representativo para o setor da construção civil/ imobiliário baseado na média das variações dos preços das ações de cinco empresas de capital aberto apresentada na tabela 7. Sendo assim, através do ajuste de uma reta através da regressão linear obtêm-se:

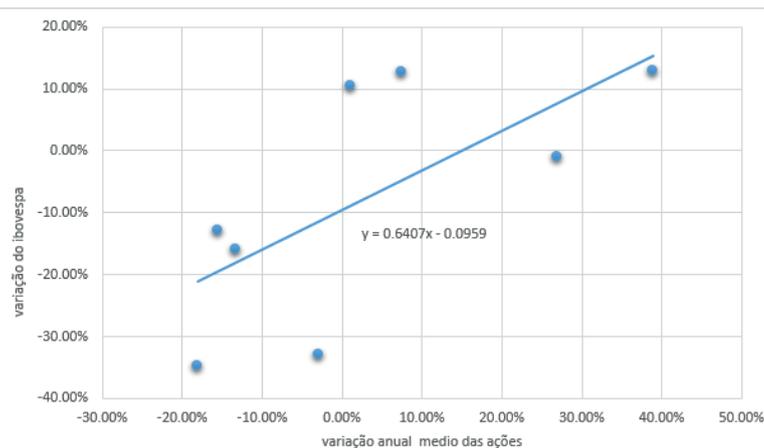


Figura 8: Ajuste do β em relação à variação da Ibovespa e das médias das ações de empresas do setor da construção civil. ($\beta = 0.6407$)

Fonte: O Autor

Com a ilustração da equação da reta pela figura 8, fica fácil de identificar o valor do β , já que, o mesmo é representado pela inclinação da reta, então $\beta = 0,6407$.

Na estimativa do prêmio de risco do mercado, ($R_M - R_F$), calculou-se a diferença

entre as médias aritméticas das variações da rentabilidade da Ibovespa e a Selic, obtendo-se valores negativos. Externando a ideia de que, é mais vantajoso investir-se em títulos públicos do que no mercado, não valendo a pena correr riscos com investimentos imobiliários. No entanto, adotar-se um prêmio de risco de mercado negativo seria um erro, pois, considerando a conjuntura que o mercado se encontra, ao adotar um prêmio de risco de mercado negativo, tornaria o modelo inválido ao produzir uma taxa de desconto excessivamente baixa. Sendo assim, foi adotado o procedimento recomendado por Damodaran, na seção 2.1. Obtêm-se então:

- Classificação de Risco do Brasil é Ba2, segundo Damodaran a média dos spread do CDS dos países com essa classificação é de 3,08%, adicionando o prêmio de risco do país, o spread fica em 3,46%
- O índice de volatilidade relativa para países emergentes é de 1,12;
- Risco do mercado americano é de 5,08%.

Então:

$$(R_M - R_F) = 3,46\% + 5,08\% = 8,54\%$$

Sendo assim, para o cálculo do custo próprio de capital:

$$R_E = 10,11\% + 0,6407 * 8,54\% = 15,58\% \text{ a. a.} = 1,214\% \text{ a. m.}$$

4.6 Fluxo de Caixa

A modelagem foi realizada de maneira que a representação de entradas e saídas de caixa fosse de fácil visualização, facilitando a obtenção de indicadores de qualidade do projeto como o valor presente líquido (VPL) e a taxa interna de retorno (TIR).

4.7 Simulação de Monte Carlo

Com o objetivo da realização de diversos cenários, foi utilizado o software Crystal Ball. No caso, foram realizadas 1.000.000 de simulações, em que cada uma delas representa um cenário diferente de vendas das unidades do empreendimento.

Nas funções de densidades de probabilidade adotadas, limitou-se apenas em dois momentos:

- Foi adotado uma função de densidade de probabilidade triangular, representada por um valor mínimo, um mais provável e um máximo associado a quantidade de unidades vendidas. No caso, adotou-se como valores mínimo, mais provável e máximo uma quantidade de 50%, 75% e 100% das unidades vendidas, retornando 88, 132 e 176 unidades, respectivamente.
- Em relação a probabilidade de ocorrência do evento: venda de uma unida-

de, adotou-se como uma função de densidade de probabilidade exponencial, representada por uma taxa na qual é definida com a razão entre a duração da execução do projeto e quantidade total de unidades a ser vendida. Sendo assim, uma taxa variável, já que do item anterior, a quantidade total de unidades a ser vendida pode variar.

Por fim, procurou-se obter uma função de densidade de probabilidade para o valor presente líquido e a taxa interna de retorno, de forma que representasse toda as incertezas e riscos da execução do projeto. A escolha das p.d.f.'s e os resultados obtidos para o VPL e a TIR encontram-se nas figuras 9 e 10.

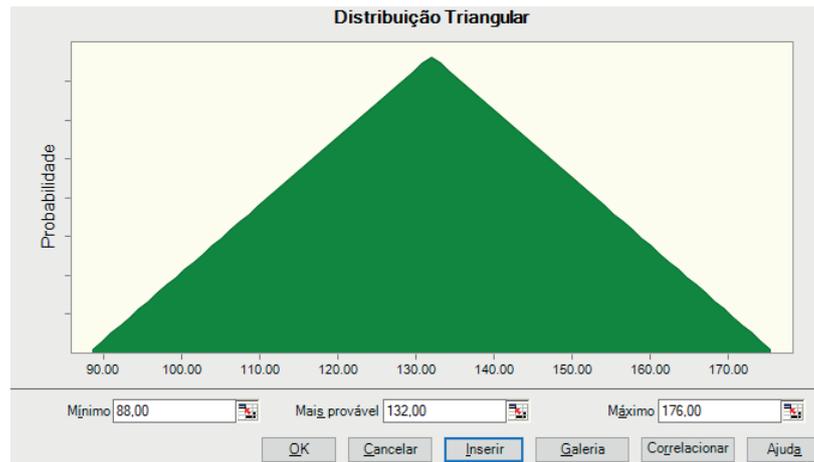


Figura 9: P.d.f. associada a quantidade total de unidades a ser vendida.

Fonte: O Autor.

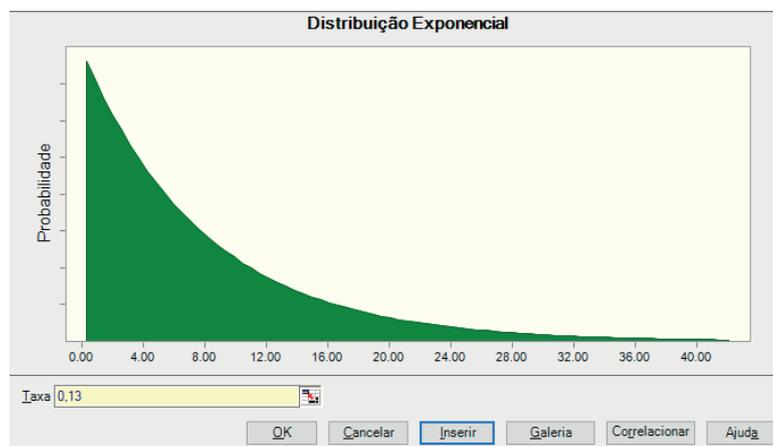


Figura 10: P.d.f. associada ocorrência do evento: venda de uma unidade.

Fonte: O Autor.

5 | RESULTADOS

Examinando os resultados obtidos das 1.000.000 de simulações realizadas com o auxílio do Crystal Ball. Pode-se concluir que:

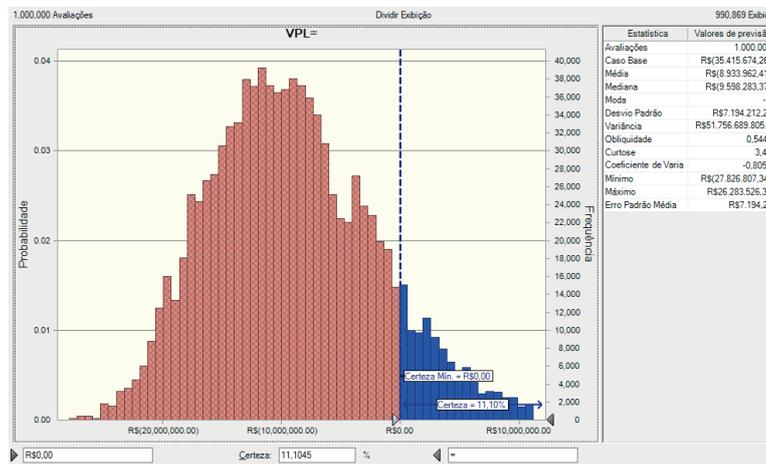


Figura 11: P.d.f. associada ao VPL

Fonte: O Autor

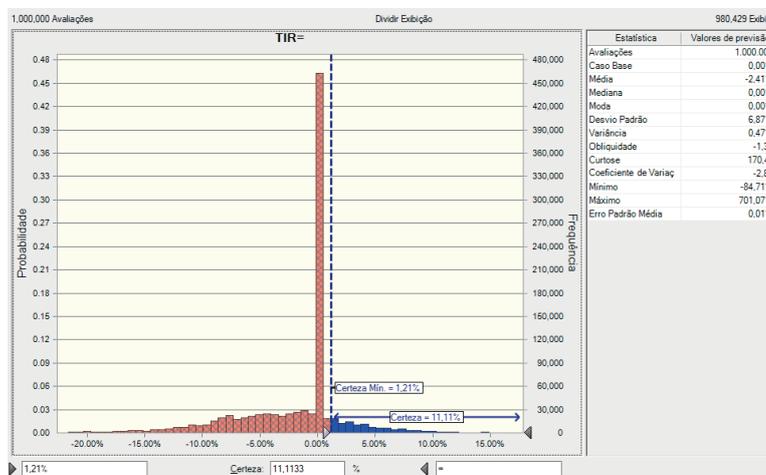


Figura 12: P.d.f associada à TIR

Fonte: O Autor

- A probabilidade de se obter um VPL < 0 é alta, 88,8955% . Demonstrando o alto risco da realização do projeto.
- A probabilidade de se obter uma TIR < TMA é alta, 88,8986%. Demonstrando o mesmo alto risco obtido pela análise do VPL.

Das figuras 11, 12, pode-se informar que:

- O valor médio para o VPL é de: -R\$8.933.962,41 ;
- O desvio padrão para o VPL é de: R\$7.194.212,24;
- O valor médio para a TIR é de: -2,41%;
- O desvio padrão para a TIR é de: 6,87%;

Em relação à figura 12, verifica-se uma alta frequência de ocorrência próximo ao valor 0,00%, isso ocorre devido à função utilizada no excel (SEERRO) que, de certa forma, evita erros de cálculos envolvendo divisões por 0.

6 | CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Conforme o esperado, a realização de Simulações de Monte Carlo para diversos cenários com o objetivo da análise de viabilidade econômico-financeira de um projeto fornece uma quantidade de informações bem mais detalhada do que os métodos usuais que consideram uma única realização da simulação. A aleatoriedade incluída na simulação permite compreender o que pode ser esperado do projeto e até mesmo o que seja altamente improvável.

A utilização do CAPM para a estimativa da taxa de desconto, foi realizada de forma simplória, recomenda-se o uso de técnicas que utilizem o mesmo princípio de aleatoriedade incorporados nas vendas das unidades.

Recomenda-se para trabalhos futuros a utilização de casos mais gerais como a consideração de vendas de unidades à prazo. A incorporação ao orçamento, de aleatoriedades, de maneira que, seja possível a representação de imprevistos com as mais diversas razões. Além disso, a incorporação de custos relacionados à impostos e outras despesas que reflitam casos reais.

REFERÊNCIAS

BREALEY, MYERS, ALLEN, **Princípios de Finanças Corporativas**, 10ª Edição, Ed. Bookman.

CATTY, J. P., IFRS: **Guia de Aplicação do Valor Justo**, Ed. Bookman.

DANTAS, Rubens Alves; **Engenharia de Avaliações: Uma Introdução à Metodologia Científica**, 3ª edição, Ed. Pini.

DAMODARAN, Aswath (2016), **Country Default Spreads and Risk Premiums**. <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>.

DAMODARAN, Aswath, **Gestão Estratégica do Risco: Uma referência para a tomada de riscos empresarias**, Ed. Bookman.

DAMODARAN, Aswath, **Avaliação de Investimentos: Ferramentas e Técnicas para a Determinação do Valor de Qualquer Ativo**, 2ª edição, Ed. Qualitymark.

GUJARATI, Damodar N., PORTER, Dawn C., **Econometria Básica**, 5ª edição, Ed. Bookman.

NBR 14653-2- Avaliação de Bens parte 2: Imóveis Urbanos.

DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÃO MÓVEL EDUCATIVA PARA ACOMPANHANTES DE PARTURIENTES

Adriana Parahyba Barroso

Mestre em Ensino em Saúde pelo Centro
Universitário Christus – Unichristus.

Jocileide Sales Campos

Doutora em Saúde Pública - Epidemiologia pela
Universidade de São Paulo – USP.

Edgar Marçal

Doutor em Computação pela Universidade
Federal do Ceará – UFC.

RESUMO: O parto é um momento delicado da vida das mulheres, onde um acompanhante bem esclarecido e com as informações adequadas pode fazer a diferença para um procedimento tranquilo e exitoso. Entretanto, a maioria dos acompanhantes não está preparada para auxiliar a parturiente da melhor forma. Os problemas mais comuns são a falta de experiência e a ausência de informações e conhecimentos necessários nesse momento tão crucial. Desta forma, este artigo apresenta o desenvolvimento de um aplicativo educativo voltado para orientar e capacitar a pessoa que estará acompanhando a parturiente na sala de parto. O conteúdo do aplicativo foi fundamentado em uma pesquisa realizada com 30 acompanhantes de parturientes, nos conhecimentos de uma médica obstetra com experiência na área e na Caderneta da Gestante do Ministério da Educação.

PALAVRAS-CHAVE: Acompanhante de parto; aplicação móvel; gestante.

DEVELOPMENT OF MOBILE EDUCATIONAL APPLICATION FOR BIRTH COMPANION

ABSTRACT: Childbirth is a delicate moment in a woman's life, where a well-informed birth companion with the right information can make the difference for a quiet, successful procedure. However, most of the birth companions are not prepared to assist the pregnant woman in the best way. The most common problems are the lack of experience and the lack of information and knowledge needed at this crucial time. In this way, this article presents the development of an educational application aimed at guiding and training the person who will accompany the woman in the delivery room. The content of the application was based on a research carried out with 30 parturient caregivers, on the knowledge of an obstetrician with experience in the area and on the Pregnant Woman's Handbook of the Ministry of Education.

KEYWORDS: Companion birth; mobile application; parturient.

1 | INTRODUÇÃO

e-patients são definidos como pessoas

que utilizam a Internet como um recurso de saúde, pesquisando sobre seus estados clínicos (ou de pessoas próximas), procurando informações sobre doenças e buscando melhores cuidados médicos⁽¹⁾. Atualmente, diante da grande disponibilidade, os dispositivos móveis (como smartphones e *tablets*) têm se transformado em fortes aliados dos *e-patients*.

A utilização generalizada das tecnologias móveis tem expandido as oportunidades para mediar as atividades de educação médica ⁽²⁾. Dada a ampla utilização desses dispositivos por pacientes, surge uma necessidade de se compreender as muitas maneiras em que os dispositivos móveis podem favorecer a educação em saúde. Nesse sentido, diferentes estudos têm sido conduzidos para se demonstrar os benefícios do uso dessas ferramentas na educação dos pacientes ⁽³⁻⁴⁾.

Assim como a utilização dos dispositivos móveis têm aumentado, também é cada vez maior o acesso de *e-patients*, professores, médicos e estudantes a ferramentas online. Existem muitos aplicativos que visam diretamente os pacientes, incluindo calculadoras médicas simples (por exemplo, calculadoras de índice de massa corpórea - IMC), lembretes de medicação (como o MedHelper®), localizadores de farmácia e até mesmo ferramentas de diagnóstico. Da mesma forma que os profissionais de saúde precisam ter conhecimentos sobre remédios e procedimentos, existe agora também a preocupação sobre como orientar os pacientes na seleção e uso de aplicativos que os ajudem a gerir sua saúde de forma segura ⁽²⁾.

Um momento delicado da vida das mulheres, onde um acompanhante bem esclarecido e com as informações adequadas pode fazer a diferença para um procedimento tranquilo e exitoso é o parto. Pensar no parto humanizado é trazer à discussão questões referentes às mudanças de condutas dos profissionais que estão lidando com a parturiente, novas formas de acolhimento, participação familiar e direito a acompanhante. Dessa forma, novos conceitos e novos olhares são necessários, uma vez que “a humanização é vista não como um programa, mas como uma política pública que atravessa/transversaliza as diferentes ações e instâncias gestoras do SUS” ⁽⁵⁾.

Nessa perspectiva, considera-se ser fundamental ao acompanhante da parturiente maior segurança e tranquilidade quanto às condutas às quais a mulher será submetida. Espera-se que ele possa assumir atitude colaborativa, junto à equipe de profissionais, no desempenho de suas atividades ⁽⁶⁾. Assim, surge a necessidade de orientar e capacitar, de forma adequada, a pessoa que estará acompanhando a parturiente.

A postura do acompanhante da parturiente no processo de parturição repercutirá na evolução do trabalho de parto, podendo interferir diretamente nas condutas médicas e na assistência à paciente. Assim, surgem as seguintes indagações: o empoderamento do acompanhante no tocante à assistência no trabalho de parto influenciará na evolução do processo de parturição? Como proporcionar conhecimento

e adequação de atitudes desse acompanhante, a fim de favorecer a evolução do processo de trabalho no ambiente do parto?

Este artigo apresenta o desenvolvimento de um aplicativo educativo voltado para orientar e capacitar a pessoa que estará acompanhando a parturiente, apresentando uma pesquisa realizada que serviu de base para construção da ferramenta.

2 | MÉTODOS

Esta seção descreve a metodologia utilizada neste estudo, dividindo-a nas seguintes subseções: descrição do processo utilizado para o desenvolvimento do aplicativo educativo voltado para capacitar e orientar acompanhantes de parturientes em sala de parto; e, apresentação dos procedimentos para coleta dos dados com os acompanhantes (principais *stakeholders* desse aplicativo).

Processo de Desenvolvimento

A construção do aplicativo contou com a participação de profissionais de diferentes áreas: uma médica obstetra, um analista de sistema, um programador e um designer gráfico. Considerando a composição multidisciplinar do projeto e com o objetivo de se criar uma aplicação mais próxima das necessidades dos usuários finais, optou-se pela utilização da metodologia Co-Design ⁽⁷⁾ em uma versão adaptada ⁽⁸⁾. A construção da aplicação seguiu as cinco fases propostas por esse modelo, com adaptações. A Figura 1 ilustra o processo de desenvolvimento, descrito a seguir.

- I. **Escopo.** Nessa fase, uma visão geral dos objetivos da aplicação foi definida a partir da coleta dos dados, feita através de entrevistas com os acompanhantes e de observações das ações deles desde a admissão das parturientes até o momento final do parto.
- II. **Compreensão Compartilhada.** Nessa fase, todos os integrantes da equipe do projeto trocaram experiências e discutiram, a partir dos dados coletados, as seguintes questões: os tipos de tecnologias que eram usadas em soluções similares; os perfis dos atores e variações de cenários nos quais a aplicação poderia ser utilizada; e as estratégias para disponibilização do conteúdo que serviriam de base para implementação da aplicação.
- III. **Brainstorming.** Nessa fase, foi possível esboçar as primeiras interfaces da aplicação, considerando os atores, cenários, tecnologias e estratégias identificadas na etapa anterior. Com isso, os stakeholders contavam com artefatos mais próximos à aplicação final para colaborar com sugestões.
- IV. **Refinamento.** À medida que a aplicação ia ganhando uma aparência final e o levantamento dos requisitos era concluído, seguiu-se para modelagem dos diagramas do Projeto (e.g, Casos de Uso, Diagrama de Classes,

Diagrama de Atividades).

V. Implementação. Após a definição dos modelos, partiu-se para o desenvolvimento iterativo da aplicação com entregas incrementais. É importante destacar que as fases III, IV e V aconteceram de forma cíclica, permitindo que se retornasse a fase anterior para a correção de erros identificados. Escolheu-se como plataformas-alvo o sistema operacional mais utilizado para dispositivos móveis (*Android*) e a linguagem de programação Java. A médica obstetra, que ficou a frente da coleta dos dados, exerceu a função principal de testes de usabilidade das versões geradas da aplicação.

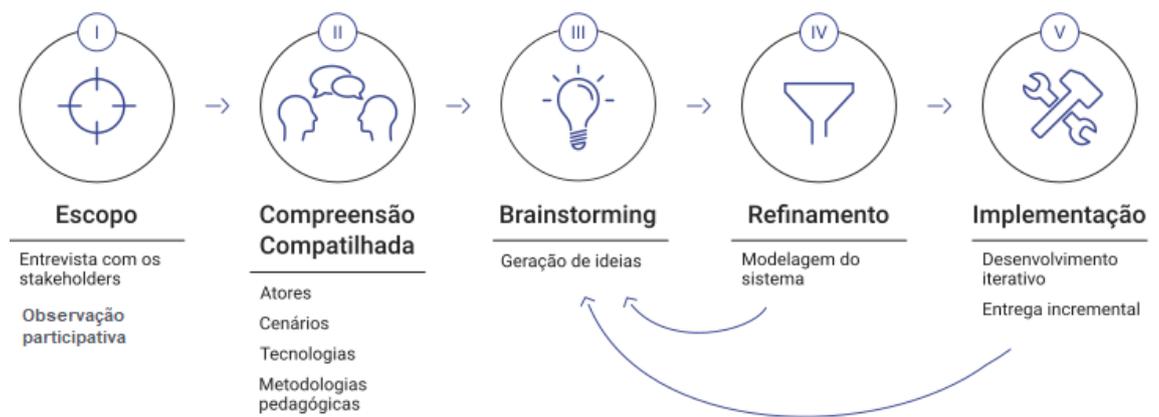


Figura 1 – Metodologia Co-Design adaptada ⁽⁸⁾.

Coleta dos dados

A coleta dos dados ocorreu no Hospital Distrital Gonzaga Mota de Messejana, em Fortaleza, Ceará, Brasil, de agosto a setembro de 2017. A amostra foi composta de trinta (n=30) acompanhantes de parturientes. Para se identificar informações importantes durante o momento do acompanhamento do parto e que pudessem auxiliar a construção do aplicativo, foram analisadas as seguintes categorias: a vivência na sala de parto; o papel do acompanhante na sala de parto; e as condições para uma participação mais adequada. A coleta de dados foi realizada em duas etapas, a saber:

- I. Observação participativa. Foi criado um roteiro, a partir do qual foram verificados temas sugeridos para realização da observação. Essa observação foi realizada durante a admissão e do transcorrer do trabalho de parto até o momento final deste;
- II. Entrevistas com acompanhantes. Individualmente e no próprio hospital, os acompanhantes participantes desse estudo foram entrevistados.

Os respondentes foram esclarecidos quanto aos objetivos da pesquisa, dos seus direitos de participarem ou não desta, sem lhe gerarem prejuízos em relação aos serviços prestados pelo hospital. As informações foram gravadas, conforme

a autorização concedida pelos participantes, com intuito de se registrarem dados relevantes. Posteriormente, transcritas, fidedignamente. A duração de cada entrevista variou, em média, 30 minutos, considerando haver necessidade de maiores explicações devido ao nível de escolaridade dos respondentes, o que também gerou dificuldades à compreensão no ato das transcrições.

3 | RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os principais resultados deste estudo: a análise realizada a partir dos dados coletados junto aos acompanhantes; e as características e funcionalidades da aplicação móvel desenvolvida para orientá-los no momento da sala de parto.

Análise dos dados

A análise dos dados foi realizada aplicando-se a abordagem de análise de conteúdo de Bardin ⁽⁹⁾, sendo assim, ela foi dividida em três fases: Pré-análise, com a organização do material transcrito, leitura exaustiva e recorte do material, agrupando-o conforme o conteúdo; Exploração do material, com uma leitura mais aprofundada, com a finalidade de serem estabelecidas as relações existentes entre as falas com as temáticas surgidas; e, Tratamento e interpretação dos resultados obtidos, com a apresentação das categorias encontradas e a correlação com o embasamento teórico.

De acordo com a análise dos discursos dos entrevistados, foram detectadas 03 (três) categorias na perspectiva dos acompanhantes. O Quadro 1 descreve as temáticas (ou categorias) e as perguntas realizadas. Em seguida, são destacadas observações importantes obtidas a partir das respostas das perguntas feitas aos participantes do estudo.

#	TEMÁTICA/CATEGORIA	PERGUNTAS AOS ENTREVISTADOS
1 ^a	A vivência na sala de parto: Sentimentos e emoções	1) Quando o(a) sr(a) foi informado(a) de que seria o(a) acompanhante do parto, o que sentiu? 3) O que representa o nascimento para o(a) sr(a)? 9) O que o(a) sr(a) sentiu ao participar desse parto?
2 ^a	Papel na sala de parto: conhecimentos, dúvidas e orientações prévias	2) Que conhecimentos o(a) sr(a) tem sobre o parto? 5) O(a) sr(a) recebeu alguma orientação para ser acompanhante no parto, durante o pré-natal? 6) Quais suas principais dúvidas enquanto acompanhante? 8) Sentiu alguma dificuldade na sala de parto?

3 ^a	Participação mais adequada: contribuições e sugestões.	<p>4) O Sr(a) já passou pela experiência de acompanhar um parto? Se sim, fale sobre isso.</p> <p>7) Como acompanhante, o que o(a) sr(a) pode contribuir para melhorar esse momento do nascimento?</p> <p>10) Que sugestões o(a) sr(a) pode dar à equipe de saúde para melhorar esse momento?</p>
----------------	---	--

Quadro 1 – Categorias de análise

Quando perguntado sobre o que sentiu ao ser convidado para ser acompanhante (pergunta 1), verificou-se um misto de felicidade, prazer e ansiedade (23,33%), acompanhada de nervosismo (20%). Tiveram aqueles que consideraram normal, porque já haviam tido experiência anterior (10%) e aqueles que escolheram ser acompanhantes (10%).

Quando indagados sobre os conhecimentos referentes ao parto (pergunta 2), os achados indicam que os entrevistados: não tinham nenhuma informação (56,7%); tinham conhecimentos advindos da própria experiência (43,3%). Aqueles que afirmaram ter algum conhecimento, disseram que suas vivências eram em função de a mãe ou o próprio acompanhante ter passado pelo evento da parturição. As respostas à pergunta 4 seguem nessa linha de reforçar que a maioria dos participantes não tem conhecimentos sobre o parto: os resultados mostraram que 76,6% dos entrevistados não tinham passado por essa experiência anteriormente.

Ao perguntar aos entrevistados que sugestões poderiam dar à equipe de saúde para melhorar o momento do nascimento (Pergunta 10), os resultados indicaram maior prevalência no nível de satisfação dos participantes em relação aos serviços prestados pela equipe de saúde (66,66%). Isso gerou uma redução nos aspectos de sugestão, que se restringiram às seguintes opiniões: necessidade de mais informação para o acompanhante (16,66%); melhor infraestrutura (13,33%); e, dificuldade de ficar sozinho com a parturiente na hora do parto (3,33%).

O aplicativo 37^a Semana

A partir das conclusões observadas sobre a análise dos dados coletados, partiu-se para o desenvolvimento de uma ferramenta móvel para auxiliar acompanhantes e parturientes no momento da sala de parto: o aplicativo “37^a Semana”. Esse sistema foi construído para fornecer orientações e capacitar o acompanhante a proceder da melhor forma e da maneira mais adequada para auxiliar a gestante na sala de parto.

O conteúdo do aplicativo foi fundamentado nas constatações obtidas na coleta dos dados com os acompanhantes, na experiência da médica obstetra coordenadora da pesquisa e na Caderneta da Gestante (Ministério da Saúde, 2016). O “37^a Semana” mostra ao usuário informações sobre os preparativos que antecedem a hora do parto e o trabalho de parto propriamente dito. Assim, apresenta-se como uma solução

prática e de fácil manuseio que se propõe a orientar e auxiliar na organização e nos cuidados para com a gestante e o bebê.

O aplicativo tem como destaque o conteúdo relacionado às principais dúvidas identificadas nas observações e questionamentos feitos pelos acompanhantes das parturientes. As Figuras 2.A e 2.B mostram exemplos de telas da aplicação móvel. Alguns dos pontos importantes abordados no aplicativo são: tempo de gestação; identificação do trabalho de parto; riscos em relação à perda de líquido e sangramento; indicações de cesárea; e, orientações sobre como o acompanhante pode participar e ajudar a gestante durante o trabalho de parto.

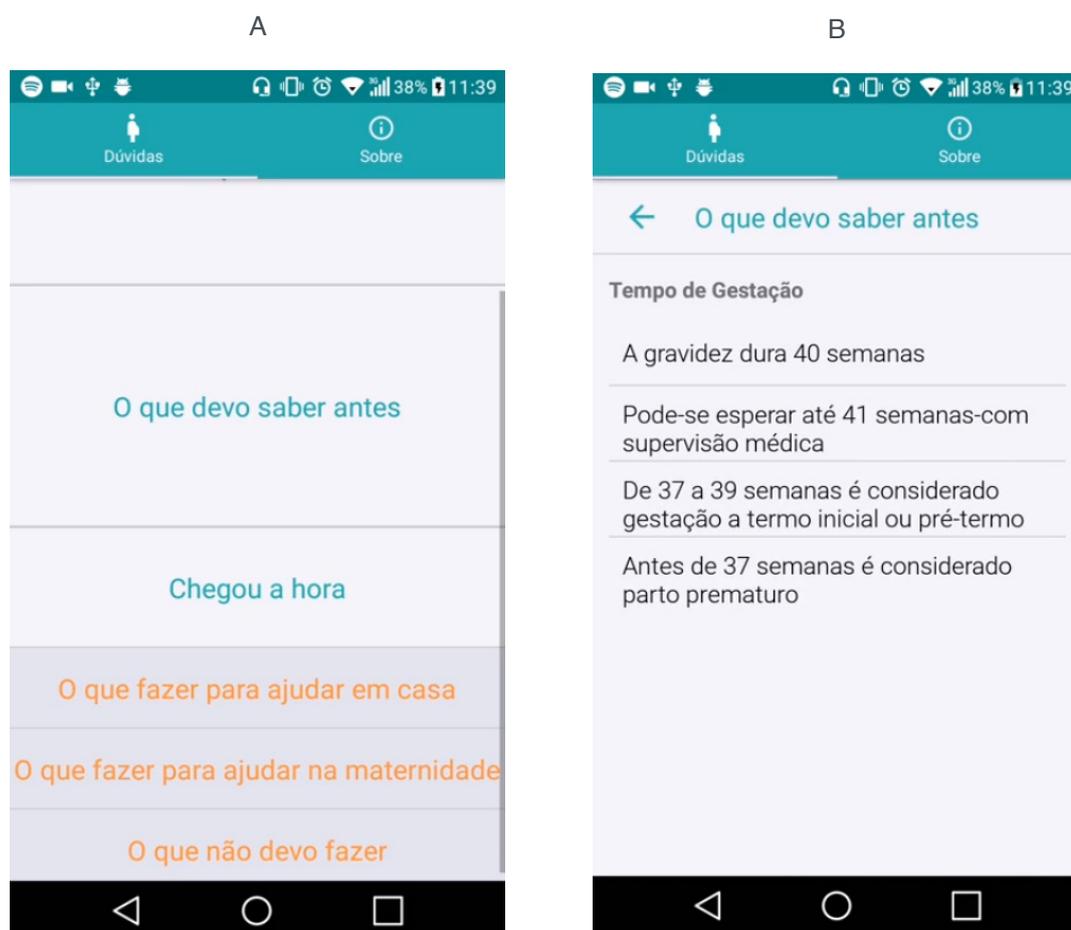


Figura 2 – A) Tela “menu Chegou a hora”. 2. B) Tela “O que devo saber antes – Tempo de Gestação”

4 | DISCUSSÃO

As tecnologias móveis têm se tornado ferramentas indispensáveis no cotidiano das pessoas, tanto para o uso doméstico quanto para o uso profissional. Entre os principais usos dessas ferramentas destacam-se a utilização para favorecer os processos de ensino e aprendizagem (*m-learning*)⁽¹⁰⁾ e o emprego na área de saúde (*m-health*)^(15,16).

Pecorelli et. al desenvolveram uma aplicação móvel para registrar a adesão do paciente aos processos de cuidados e recuperação após cirurgia intestinal, com

auditoria clínica tradicional ⁽³⁾. A ferramenta foi testada com 45 pacientes que, em sua maioria, afirmaram que o aplicativo era fácil de usar, auxiliava nas ações diárias do tratamento depois da cirurgia e que ajudava na motivação da recuperação pós-cirúrgica.

Em outro estudo, 60 pacientes submetidos a cirurgias plásticas utilizaram uma aplicação móvel médica (AMM) para auxiliar lhes nos cuidados depois da operação ⁽⁴⁾. Os pacientes que utilizaram a AMM afirmaram que ela solucionava suas dúvidas no pós-operatório e reduzia a necessidade de ligar para o cirurgião plástico ou para o serviço de emergência. Além disso, a maioria dos participantes recomendaria a aplicação para outros pacientes de cirurgia plástica.

Além desses, é possível citar diversos outros estudos que comprovam os benefícios da utilização dos aplicativos móveis na área da saúde, tais como: para apoiar o planejamento de cirurgias no joelho ⁽¹²⁾; para auxiliar pessoas com distúrbios na fala ⁽¹¹⁾; e, para acompanhar o tratamento de mulheres com doenças cardiovasculares ⁽¹³⁾.

Por um lado, com relação ao momento do parto, não foram encontrados estudos que demonstrassem o uso de aplicações móveis para auxiliar os acompanhantes das parturientes. O que se encontrou foram apenas aplicações nas lojas de aplicativos voltadas para as gestantes que abordavam o pré-natal e outras questões relacionadas.

Entretanto, por outro lado, estudos nacionais e internacionais comprovam os benefícios da inserção do acompanhante no trabalho de parto e no parto. Entre as vantagens, destaca-se o apoio emocional concedido à parturiente que lhe possibilita: melhorias nos indicadores de saúde materno e neonatal; maior probabilidade de parto vaginal espontâneo; diminuição do uso de analgesia intraparto; e, redução do nível de insatisfação da cliente e de seus familiares ⁽¹⁴⁾.

A pesquisa realizada com 30 acompanhantes de parturientes mostrou que as emoções (como ansiedade e nervosismo) e a falta de conhecimentos deles sobre o seu papel na hora do parto são fatores que podem interferir na dinâmica operacional do parto. Inclusive, a necessidade de ter mais informações sobre a hora do parto foi a principal sugestão obtida na coleta dos dados. A partir da identificação dos conhecimentos necessários, foi possível desenvolver uma aplicação móvel com conteúdo relevante relacionado às principais dúvidas e observações feitas pelos acompanhantes das parturientes.

5 | CONCLUSÃO

Este artigo apresentou uma pesquisa realizada com a finalidade de reunir e analisar dados e informações concernentes a uma realidade e, a partir dela, elaborar um mecanismo – neste caso, um aplicativo – que contribua de modo significativo no processo de acompanhamento da gestação. O levantamento realizado no Hospital

Distrital Gonzaga Mota de Messejana em Fortaleza–CE com 30 participantes mostrou ser imprescindível o empoderamento das informações e os esclarecimentos concedidos aos acompanhantes de parturientes.

Então, com o objetivo de capacitar e orientar os acompanhantes das gestantes em sala de parto, um aplicativo educativo para dispositivos móveis foi desenvolvido, com conteúdo fundamentado a partir da teoria e da prática.

Por fim, compreende-se que a pesquisa, realizada exclusivamente em um ambiente (Hospital de Messejana), não pode representar o universo do município de Fortaleza em sua totalidade. Este fato revela uma das limitações desta pesquisa, embora não invalide suas reflexões e análises. Como trabalho futuro, pretende-se disponibilizar e testar o aplicativo em vários ambientes para se avaliar os impactos com relação à capacidade dele em apoiar os acompanhantes e a parturiente nesse momento tão especial.

REFERÊNCIAS

- Ferguson, T. e-patients: how they can help us heal healthcare. In: Earp JA, French EA, Gilkey, MB, editors. *Patient Advocacy for Health Care Quality: Strategies for Achieving Patient-Centered Care*. Sudbury: Jones and Bartlett Publishers; 2008. p. 93-150.
- Masters, K, Ellaway, RH, Topps, D, Archibald, D, Hogue, RJ. Mobile technologies in medical education: AMEE Guide No. 105. *Medical teacher*. 2016; 38(6): 537-549.
- Pecorel N, Fiore JF, Kaneva P, Somasundram A, Charlebois P, Liberman AS, Feldman LS. An app for patient education and self-audit within an enhanced recovery program for bowel surgery: a pilot study assessing validity and usability. *Surgical endoscopy*. 2017: 1-11.
- Noel W, Bosc R, Jabbour S, Kechichian E, Hersant B, Meningaud JP. Smartphone-Based Patient Education in Plastic Surgery. *Annals of plastic surgery*. 2017; 79(6): 529-531.
- Brasil. Humaniza SUS: Documento base para gestores e trabalhadores do SUS / Ministério da Saúde. 4. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2010. Disponível em: http://bibliotecadigital.puc-campinas.edu.br/services/e-books/humanizasus_documento_gestores_trabalhadores_sus.pdf .
- Diniz CSG, d’Orsi E, Domingues RMSM, Torres JA, Dias MAB, Schneck C A, Sandall J. *Cadernos de Saúde Pública*. 2014; 30: S140-S153.
- Millard D, Howard Y, Gilbert L, Wills G. “Co-design and co-deployment methodologies for innovative m-learning systems”. *Multiplatform E-Learning Systems and Technologies: Mobile Devices for Ubiquitous ICT-Based Education*. 2009: 147.
- Pereira RVS, Kubrusly M, Marçal E. “Desenvolvimento, Utilização e Avaliação de uma Aplicação Móvel para Educação Médica: um Estudo de Caso em Anestesiologia”. *RENOTE*. 2017; 15(1).
- Bardin L. *Análise de conteúdo*. Lisboa (Portugal): Edições. 2010.
- Marçal E, Andrade R, Rios R. “Aprendizagem utilizando dispositivos móveis com sistemas de realidade virtual”. *RENOTE*. 2005; 3(1).
- Basile FRM, Da Silva DP, Amate FC. Mobile application to aid people with speech disorders. *Journal of*

Health Informatics. 2014; 6(2).

Nogueira JBS, Souza ACG, Barros Filho, EM, Carmo LHA, Bezerra MJC, Demange MK. Avaliação de utilidade e acurácia de aplicativo móvel no planejamento de artroplastias totais do joelho. Revista brasileira de ortopedia. 2018; 53(2): 142-150.

Sakakibara BM et al. Using mobile-health to connect women with cardiovascular disease and improve self-management. Telemedicine and e-Health. 2017; 23(3): 233-239.

Longo CSM, Andraus LMS, Barbosa MA. Participação do acompanhante na humanização do parto e sua relação com a equipe de saúde. Revista eletrônica de Enfermagem. 2010; 12(2): 386-391.

Gondim VJT, Nogueira IC, Alexandria AR, Gurgel DC, Júnior Capistrano VLM, Marçal E. Aplicativos de anatomia humana em dispositivos móveis: uma revisão sistemática. Motricidade. 2018; 14(1): 393–397.

Ponte, R. , Sanders, L. , Peixoto Júnior, A. , Kubrusly, M. and Marçal, E. Development and Usability Assessment of a Mobile Application for Neuroanatomy Teaching: A Case Study in Brazil. Creative Education, 10 (3), 600-609.

ASPECTOS DO CICLO DE VIDA DE DADOS EM PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO DE ONTOLOGIAS BIOMÉDICAS

Jeanne Louize Emygdio

Escola de Ciência da Informação, Universidade
Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte – Minas Gerais

Eduardo Ribeiro Felipe

Escola de Ciência da Informação, Universidade
Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte – Minas Gerais

Maurício Barcellos Almeida

Escola de Ciência da Informação, Universidade
Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte – Minas Gerais

RESUMO: Tendo por foco o estudo das entidades existentes no mundo e das relações que estas estabelecem entre si, as Ontologias vêm ganhando atenção especial de investigação científica por serem consideradas alternativas viáveis à organização das informações, ininterruptamente alimentadas pelos seres humanos nos espaços digitais, por meio das tecnologias da informação e comunicação. As perspectivas centrais da utilização das ontologias repousam sobre as possibilidades de prover interoperabilidade semântica entre os sistemas de informação, pouco alcançada por meio dos modelos, técnicas e ferramentas usualmente aplicados. O objetivo deste artigo é descrever de que forma a gestão do ciclo de vida dos dados pode contribuir para prover

maior qualidade à construção de ontologias biomédicas. A metodologia adotada foi a pesquisa qualitativa, de caráter descritivo sobre os processos de construção da Ontologia realista Obstétrica e Neonatal (OntoNEO). Os resultados encontrados até agora comprovaram a eficiência do plano de gestão de dados como requisito de atribuição de qualidade à referida ontologia, o que a habilitou a integrar o projeto *Basic Formal Ontology*(BFO), padrão de referência na construção de ontologias realistas de alto nível.

PALAVRAS-CHAVE: Ontologias biomédicas, ciclo de vida de dados, plano de gestão de dados, representação do conhecimento.

ABSTRACT: Focusing on the study of both entities existing in the world and the relations that these entities establish one each other, Ontologies have been gaining special attention from the scientific investigation since they are considered viable alternatives to the information organization, uninterruptedly fed by human beings in digital spaces, through of information and communication technologies. The central perspective of the use of ontologies lies on the possibilities of providing semantic interoperability among information systems, a task poorly achieved through models, techniques and tools currently applied. The purpose of this article is to describe how the data life cycle management

can contribute to provide higher quality to the construction of biomedical ontologies. The methodology adopted is qualitative and relying on a descriptive character about the construction processes of the realistic Ontology Obstetric and Neonatal (OntoNEO). The results obtained so far proved the efficiency of the data management plan as a requirement of quality attribution to this ontology, which enabled it to be integrated to the Basic Formal Ontology (BFO) project, a reference standard in the construction of high-level ontologies.

KEYWORDS: Biomedical ontologies, data life cycle, data management plan, knowledge representation.

1 | INTRODUÇÃO

1.1 Ontologias

De origem filosófica, o estudo das ontologias busca compreender a realidade dos seres, sua essência, princípios e causas (SEARLE, 1998), baseando-se em exaustivas classificações dos elementos do mundo real visando identificar seu tipo (categoria), estrutura, propriedades, eventos, processos e as inter-relações estabelecidas entre estes elementos (SMITH, 2003). Atualmente, estes estudos têm sido caracterizados pela interdisciplinaridade, envolvendo campos como a Ciência da Informação (VICKERY, 1997; SOERGEL, 1999; ALMEIDA, 2013) e a Ciência da Computação (WAND e WEBER, 1990; GUARINO, 1998; WAND, STOREY e WEBER, 1999; FONSECA, 2007), com implicações em domínios da medicina (MENDONÇA e ALMEIDA, 2016, ALMEIDA e FARINELLI, 2017), gestão e organização do conhecimento (TORRES, SIMÕES e ALMEIDA, 2017), biologia (HARRIS e PARKINSON, 2003), engenharia, gestão pública (FARINELLI, SILVA e ALMEIDA, 2013), direito (BREUKERS e HOEKSTRA, 2004; GRIFFO, ALMEIDA e GUIZZARDI, 2015) e geografia (RODRIGUES, CHAVES e SILVA, 2006; MACHADO *et al*, 2011).

Em função do desenvolvimento da Web Semântica (BERNERS-LEE; HENDLER e LASSILA, 2001) e da necessidade de lidar com a recuperação adequada de massivas informações digitais (ALMEIDA; SOUZA e BARACHO, 2015), as ontologias têm sido utilizadas como recurso alternativo para a representação da realidade em função da formalidade com que seus modelos são concebidos, baseados em lógica descritiva e axiomas formais. Quando convertidos em artefatos de informação proveem vocabulários semânticos consensuais que viabilizam a interoperabilidade semântica entre sistemas computacionais.

Na área da saúde, conforme pesquisas realizadas nas últimas décadas, grande esforço tem sido destinado a integrar e recuperar dados para uso profícuo destes sistemas, especialmente visando a criação do prontuário eletrônico de pacientes - EHR (RECTOR, 1999; SMITH *et al*, 2007; ANDRADE, ALMEIDA e SCHULZ, 2012;

FARINELLI et al, 2016; MARTÍNEZ-COSTA, C., SCHULZ, 2017; BODENREIDER, 2018; HAENDEL *et al*, 2018).

Em função da complexidade dos dados e informações biomédicas (insumos para a construção de ontologias), compreende-se a relevância das pesquisas no entorno de seu ciclo de vida. Embora a incipiência de tais pesquisas, iniciativas de aspectos complementares podem ser observadas. Em Ibraim e Ataelfadiel (2017), e Noy *et al* (2010), o ciclo de vida é visto sob o enfoque principal da Engenharia de Ontologias, subárea da Engenharia do Conhecimento e que aborda processos, métodos e metodologias de desenvolvimento e disseminação de ontologias, bem como plataformas tecnológicas relacionadas (NOY *et al*, 2010). Embora em Noy *et al* (2010) as análises ocorram sobre a construção de ontologias biomédicas, apenas em Ibraim e Ataelfadiel (2017) encontram-se aportes teóricos para classificação dos dados em um ciclo de vida de ontologias. Em VUMC (2005) encontra-se o modelo “*Translational Research*” que visa a descrição do processo de incorporação de resultados de uma pesquisa científica às práticas reais e, a partir delas, a retroalimentação de novas pesquisas. O modelo compreende aspectos relacionados aos processos de acesso a dados, sendo composto por quatro ciclos sequenciais que abrangem a coleta, o consumo e a geração de insumos para um novo processo ou pesquisa. Em Hunkler *et al* (2011), encontra-se a apresentação de um processo de governança de grandes volumes de dados provenientes da área da saúde, coletados via *surveys* (*Survey of Health, Ageing and Retirement in Europe - SHARE*). O processo envolve as tarefas e atores relacionados à governança, além de cuidados especiais para a disseminação pública de dados sensíveis.

Na seção seguinte serão apresentados aspectos teóricos acerca dos dados e ciclos de vida que serviram de subsídio para análise de aderência das etapas de construção de uma ontologia biomédica e de identificação dos aspectos de qualidade resultantes.

1.2 Dados e Ciclos de Vida

O conceito de dado tem sua referência histórica na teologia, sua utilização tanto no singular, quanto no plural é encontrada em registros que datam do século XVII (BORGMAN, 2015). É importante ressaltar que em sua percepção, o significado do dado não reside nele mesmo, sendo reflexo de um contexto, um símbolo, um referencial que depende da interpretação do observador.

Embora pareça uma abstração óbvia em nosso dia a dia, o dado não possui uma definição simples, devido sua ampla abrangência semântica. Ele é o insumo base tanto para os sistemas de informação, quanto para os instrumentos informacionais como Listas Controladas, Taxonomias, Tesouros e Ontologias. Constitui-se de uma unidade celular que acrescida de meta-informação e semântica, contribui para que a informação seja produzida. Esta visão estruturada em camadas (dado - informação -

conhecimento) possui ampla aceitação nos estudos e práticas referentes ao estudo da informação e do conhecimento. No entanto, sua definição tem sido simplificada e associada a exemplos como números, símbolos, letras e fatos (*National Research Council* 1999, apud Borgman). O delineamento de suas fronteiras conceituais muitas vezes não são claras e se mesclam com conceituações sobre informação. Neste trabalho um conceito norteador para dado é o utilizado pela *Organisation for Economicco-operation and Development* (OECD) em sua definição sobre “dado de pesquisa”; a organização integrada por 36 nações membro, expressa que: dados de pesquisa são definidos como registros factuais (pontuações numéricas, registros textuais, imagens e sons) usados como fontes primárias para pesquisa científica, e que são comumente aceitos na comunidade científica como necessários para validar os resultados de uma pesquisa. Um conjunto de dados de pesquisa constitui uma representação parcial e sistemática do assunto investigado.

O dado, em comparação com outras estruturas que lidam com informação, como sistemas computacionais por exemplo, também possui “Ciclo de Vida”: Um modelo sequencial de ações que resultam em decisões na utilização/manutenção do dado. Briney (2015) elenca uma comparação entre ciclo de vida antigo e novo na perspectiva do dado. Na Figura 1, são representadas as quatro etapas consideradas como ciclo de vida antigo, sendo que na primeira etapa, “Planejamento do Projeto”, é necessário pensar em quais dados devem ser adquiridos. O próximo passo é trabalhar a “Aquisição dos Dados” propriamente dita. Em seguida é vista a “Análise dos Dados” para que a última etapa, “Publicação” possa ser realizada. A autora destaca que neste modelo composto por quatro estágios, a aquisição e análise são críticos para o sucesso do processo, e sua crítica reside no sentido de que este ciclo não recompensa o uso do dado além da análise, considerando-os como um subproduto da pesquisa ao invés de serem produtos com importância em si mesmos, como um artigo por exemplo. Este modelo foi usado por centenas de anos, mas com o advento digital, o ciclo demanda outras etapas, abordadas no Novo Ciclo de Vida.



Figura 1 - Ciclo de vida antigo

Fonte: Adaptado de Briney (2015).

Este novo conjunto de processos considera “O Compartilhamento de Dados”, a “Preservação” e o “Reuso” como passos no processo de pesquisa, além de incluir “Planejamento de Gerenciamento de Dados e Projeto”, “Aquisição de Dados”, “Análise de Dados”, “Publicação de Artigos” e “Divulgação de Dados”, “Preservação”

e “Reuso”. Na Figura 2, são apresentados estes processos e seu fluxo.



Figura 2 - Ciclo de vida novo
Fonte: Adaptado de Briney (2015).

Este ciclo assemelha-se a outras propostas, como a da DataONE(2018), demonstrada na Figura 3.

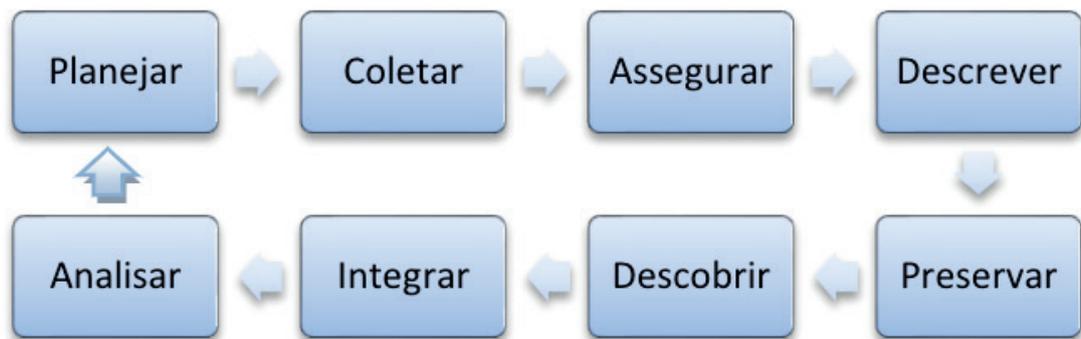


Figura 3 - Ciclo de vida dos dados
Fonte: DataONE (2018).

Para Mearian (2003), o ciclo de vida informacional também deve abordar sua persistência, o suporte para sua gravação e recuperação. Observou-se nos artigos pesquisados que a preocupação com a questão processual das etapas de tratamento do dado em seu ciclo de vida foi uma etapa posterior, anteriormente havia uma atenção em relação à arquitetura de armazenamento. Período aquele em que muitas informações foram perdidas por falta de *hardware* compatível com mídias substituídas por outras. Políticas de migração de dados entre sistemas e sua possível interoperabilidade entre aplicações diversas eram importantes para minimizar o impacto da evolução tecnológica. Diversos autores e instituições propuseram ciclos de vida de dados abordando processos que, em várias etapas se assemelham. Santana (2013) destaca que não é possível abordar um processo de ciclo de vida sem considerar o contexto em que os dados devam ser tratados, bem como sua especificidade, seja administrativa, descritiva, técnica, estrutural ou

de preservação. O autor ainda propõe um Ciclo de Vida dos Dados para Ciência da Informação, CVD-CI, representado na Figura 4.

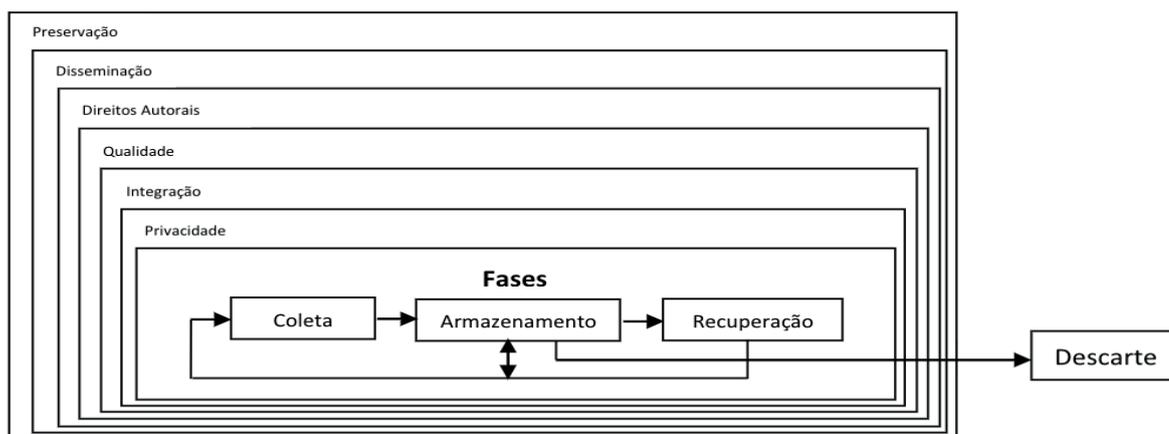


Figura 4 - Ciclo de Vida dos Dados para Ciência da Informação, CVD-CI

Fonte: Santana (2013).

Em Lenhardt *et al* (2014) encontram-se passos comuns em várias propostas de ciclo de vidas observadas e já descritas anteriormente, tais como: Planejar, Coletar, Controlar Qualidade, Documentar, Preservar, Usar.

Justifica-se o investimento na adoção de um ciclo de vida de dados por benefícios como: facilidade na recuperação, uso e análise dos dados, tanto pelo pesquisador como por colaboradores; fornecimento de dados de qualidade para pesquisas translacionais; melhoria na tomada de decisão; incremento do valor investido na pesquisa; expansão da compreensão sobre um determinado problema e/ou domínio, etc. Um gerenciamento eficiente pode permitir que cientistas externos ao projeto possam encontrar, entender e utilizar os dados no futuro. Adicionando a este cenário a documentação por metadados, a possibilidade de citações e créditos futuros é garantida, além de permitir a rastreabilidade autoral.

2 | OBJETIVOS

Embora robustas as pesquisas voltadas à aplicação de ontologias na área da saúde, as respectivas práticas de governança sobre os dados tratados nestas pesquisas precisam ser aprimoradas. Conforme apresentado anteriormente, não foram identificadas práticas de governança do ciclo de vida do dado dentro do ciclo de vida ontológico, sendo este o fator motivador da presente pesquisa. Desta forma, o objetivo deste estudo será o de compreender o ciclo de vida de dados biomédicos a fim de representá-los em uma ontologia e, por extensão, compreender ainda, de que forma a gestão deste ciclo de vida poderá agregar maior qualidade à representação de tais dados.

Para o estudo foi selecionada a Ontologia Obstétrica e Neonatal - OntoNEO (FARINELLI et al, 2016), uma ontologia realista que abrange os domínios de cuidados no pré-natal, intra-parto e pós-natal. Tal escopo foi estabelecido baseando-se na análise de um conjunto de padrões de EHR (nacionais e internacionais), sistemas de EHR adotados por diferentes hospitais e entrevistas com obstetras americanos e brasileiros visando identificar os fluxos de trabalho das clínicas de saúde e as demandas informacionais dos médicos envolvidos. A ontologia foi construída por membros do grupo de Pesquisa RECOL da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), do qual os autores do presente artigo participam.

3 | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa de natureza qualitativa e caráter descritivo baseou-se em uma análise dos procedimentos que conduziram a construção da OntoNEO, em comparação com as etapas dos ciclos de vida previamente apresentados neste estudo. Estes procedimentos foram organizados em etapas selecionadas dos estudos de Briney (2015), DataONE (2018) e Dias (2018). Por fim foram analisados aspectos de qualidade agregados à OntoNEO em função das práticas adotadas em sua construção. Os resultados serão apresentados na próxima seção.

4 | RESULTADOS

Os resultados das análises realizadas serão apresentados em cinco etapas, a saber: 1) Informações sobre dados e formatos de dados, 2) Conteúdo dos metadados e formatos, 3) Políticas para acesso, compartilhamento e reuso, 4) armazenamento de longo prazo e, 5) questões orçamentárias.

4.1 Informações sobre dados e formatos de dados

A pesquisa foi realizada a partir do consumo e da produção de dados experimentais variados, como:

I. Dados brutos ou derivados:

a) consumo de dados provenientes dos padrões adotados para a definição de seu escopo e para prover insumos de dados para a construção da ontologia: Registro de Saúde da Mulher, Registro Anteparto e Formulário Pós-Parto fornecidos pelo Colégio Americano de Obstetras e Ginecologistas (ACOG); o Formato de Registro Eletrônico de Saúde das Crianças fornecido pela Agência de Pesquisa e Qualidade em Assistência à Saúde (AHRQ); Padrões para a Estrutura Clínica e Conteúdo dos Registros de Pacientes fornecidos pelo Centro de Informação de Saúde e Assistência Social do Reino Unido e pela Academia de Faculdades Reais de Medicina; Padrão Nacional para Informações de Resumo de Alta do Paciente da Autoridade Australiana

de Informações e Qualidade em Saúde. Observou-se a preocupação com as especificidades terminológicas, técnicas e administrativas do contexto, o que, em termos de qualidade, contribuiu para a expansão da compreensão sobre o domínio do problema e para a padronização dos insumos de dados para a construção da ontologia. Tais práticas se assemelham aos processos de Planejamento e Coleta encontrados em DataONE (2018);

b) consumo de dados provenientes de pesquisa translacional: um conjunto de 11 ontologias abertas, previamente construídas e publicadas no Bioportal serviram de base para a construção da OntoNEO. Tais artefatos proveram classes, entidades e relacionamentos para reuso, em aderência aos princípios da OBO Foundry para a construção de ontologias interoperáveis voltadas à representação de realidades biológicas e biomédicas. Entre elas encontram-se a Ontologia de Artefatos e Informação (IAO), a Ontologia dos Genes (GO) e a Ontologia de Doenças Humanas (DOID). Neste sentido observou-se a preocupação com a qualidade dos dados brutos a serem reutilizados, com a perspectiva de prover, ao término da construção, uma ontologia de qualidade para alimentar novas pesquisas translacionais, conforme visto em VUMC (2005).

II. Modelos e saídas

a) Produção de modelo de representação do conhecimento abrangendo coleções físicas de classes, atributos e relacionamentos, distribuídas em três conjuntos de dados: informações básicas sobre os cuidados de saúde pertencentes ao escopo da ontologia; dados de formulários e documentos relacionados e entidades sociais envolvidas no contexto. A OntoNEO encontra-se disponível publicamente no repositório de ontologias biomédicas Bioportal. Neste aspecto observou-se a preocupação com as especificidades técnicas e administrativas para que a ontologia pudesse ser publicada respeitando-se as normas de qualidade da OBO Foundry. Tal cuidado constituiu em um incremento do valor investido na pesquisa uma vez que possibilita à comunidade externa o acesso e reuso de sua produção. As práticas adotadas assemelham-se ao processo de Publicação/Divulgação de Dados descrito no novo modelo de Briney (2015);

b) Realização de Prova de Conceito (PoC) sobre a capacidade da ontologia em prover interoperabilidade semântica no domínio estabelecido. Estes resultados podem ser encontrados em Farinelli, Almeida e Emygdio (2018), tendo por saída a proposição de uma arquitetura de interoperabilidade semântica. Observou-se a preocupação com a validação do dado produzido (OntoNEO) quanto à proposta de se constituir em um artefato de informação realmente capaz de integrar semanticamente sistemas computacionais. A PoC garante a eficácia da ontologia produzida e a qualidade do processo de construção.

III. Materiais científicos

a) Publicação de artigos científicos relacionados à pesquisa: no período

de 2013 a 2017, relativo à produção da pesquisa de doutorado que culminou na construção da OntoNEO, foram produzidos 11 artigos, direcionados a periódicos científicos e congressos e simpósios de grande reconhecimento na área. Dentre eles destaca-se a publicação no JASIST (ALMEIDA e FARINELLI, 2017). Neste aspecto observou-se a preocupação quanto a divulgação dos conhecimentos teóricos e empíricos que poderão nortear a condução de novas pesquisas, na comunidade nacional e internacional. Tais atividades relacionam-se às previstas em Briney (2005), e compreendem uma contrapartida relevante às agências financiadoras, além de agregarem valor ao reconhecimento da pesquisadora.

IV. Sobre processamento dos dados

A construção da OntoNEO baseou-se em um modelo de ciclo de vida iterativo e incremental, provendo desenvolvimento gradativo da ontologia, com a definição de novas entidades e relações a cada iteração. Três níveis conceituais foram desenvolvidos antes de sua formalização: a) definição do escopo da iteração; b) avaliação de aderência às ontologias preexistentes no domínio para a definição de vocabulário consensual. Os seguintes critérios foram estabelecidos para a seleção de classes para reuso: i) a ontologia em questão é aderente aos princípios da OBO Foundry?; ii) as classes possuem definição?; iii) quantas vezes o termo foi previamente reutilizado? iv) qual o status da ontologia no repositório da OBO Foundry?; c) construção de novos termos e relações para atender aos requisitos da OntoNEO não cobertos na fase anterior. As ferramentas OntoFox e Protegé foram utilizadas para importação dos termos e axiomas necessários para a geração do arquivo em formato OWL da OntoNEO. O controle de versões da ontologia foi realizado a partir do ambiente colaborativo para construção de ontologias CMAP Tools. Cada versão foi submetida para validação por representantes de diferentes comunidades de especialistas, incluindo médicos. Há compromisso do autor principal em manter atualizações desta ontologia, em função dos avanços científicos na área. O controle de qualidade realizado nestes procedimentos repousam sobre os dados de reuso para construção da OntoNEO, integração de versões, e preservação da ontologia, consonância com Briney (2005), DataONE (2018) e Dias (2018).

4.2 Conteúdo dos metadados e formatos

Conforme citado anteriormente, foram utilizados diversos padrões para formalização de conteúdos de metadados e formatos, além dos princípios da OBO Foundry, essenciais para a construção de ontologias realistas de alto nível agregáveis ao repositório em questão. Houve preocupação em relação à qualidade de representação dos dados, aumentando a possibilidade de reuso futuro e realimentação de pesquisas translacionais e independentes de domínio em função do nível da ontologia.

4.3 Políticas para acesso, compartilhamento e reuso

A OntoNEO segue ainda as diretrizes da OBO Foundry para acesso, compartilhamento e reuso. Os direitos autorais são garantidos aos autores e devem ser mantidos pela licença *Creative Commons* (**License:CC-BY**). Tais práticas, associadas às mencionadas no item 4.2 contribuem para facilitar a rastreabilidade autoral, garantir maior número de citações e créditos futuros. E ainda, aproximam-se dos processos de controle encontrados em Dias (2018).

4.4 Armazenamento de longo prazo

A OntoNEO é um projeto que se encontra na fase inicial de desenvolvimento, podendo ser acessada pelos sites: <https://ontoneo.com/> e <https://bioportal.bioontology.org/ontologies/ONTONEO>, onde será mantida em caráter permanente. Os aspectos de qualidade envolvidos neste item relacionam-se aos processos de preservação do dado, políticas de arquivamento, padrões da comunidade e atribuição de responsabilidades, encontrados em Briney (2005) e Dias (2018).

4.5 Questões orçamentárias

O projeto foi mantido em parte por meio de financiamento das agências de fomento CAPES e CNPQ ao autor principal. Outra parte do projeto foi financiada pelo NIH NCATS sob o prêmio CTSA Número UL1TR001412. As questões orçamentárias são previstas no plano de gestão de dados proposto por Dias (2018).

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo apresentou uma revisão teórica acerca dos estudos sobre ontologias e sobre os ciclos de dados de pesquisa buscando traçar um caminho de compreensão da relevância da adoção das práticas de governança de dados como premissa para a atribuição de maior qualidade aos processos de construção de ontologias biomédicas. Uma análise descritiva foi realizada sobre todas as fases de construção da ontologia OntoNEO, abrangendo desde a aquisição de variados dados brutos, puros ou provenientes de pesquisas translacionais, até a publicação das diversas saídas do projeto. Estas fases, apresentadas na seção de resultados caracterizam um tipo de ciclo de vida dos dados para a construção de ontologias biomédicas de maior qualidade, conforme discutido em cada análise. Em função do volume e do valor resultados oriundos da pesquisa, especialmente por sua aceitação como uma ontologia de alto nível, integrante do projeto OBO Foundry, é possível concluir que a adoção das práticas de governança, incluindo as de versionamento e atualização das ontologias constituem uma iniciativa relevante para agregar maior qualidade a estes artefatos, tornando mais eficaz sua capacidade de prover interoperabilidade semântica entre sistemas computacionais.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. B. (2013). Revisiting Ontologies: a necessary clarification. **Journal of the American Society of Information Science and Technology**. v. 64, n. 8. p. 1682–1693. DOI: 10.1002/asi.22861
- ALMEIDA, M. B.; FARINELLI, F. (2017). Ontologies for Representation of Electronic Medical Records: the Obstetric and Neonatal Ontology. **Journal of the Association for Information Science and Technology**. doi:10.1002/asi.23900.
- ALMEIDA, M. B.; SOUZA, R.; BARACHO, R. M. A. Looking for the identity of Information Science in the age of big data, computing clouds and social networks. In: **Proceedings of the 4th International Symposium of Information Science (ISI 2015)**, Croatia.
- ANDRADE, A.Q.; ALMEIDA, M.B.; SCHULZ, S. Revisiting ontological foundations of the OpenEHR Entry Model. **Proceedings of the International Conference of Biomedical Ontologies (ICBO)**, 2012, Austria.
- BERNERS-LEE, T.; HENDLER, J.; LASSILA, O. The Semantic Web: A new form of Web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities. **Scientific American**., v.1, p. 34 - 43, 2001.
- Best Practices I DataONE**. Disponível em: <<https://www.dataone.org/best-practices>>. Acesso em: 26 set. 2018.
- BODENREIDER, O. **Evaluating the Quality and Interoperability of Biomedical Terminologies**. [s.l.] LHNBCB Board of Scientific Counselors, 2018.
- BORGMAN, C. L. **Big data, little data, no data: scholarship in the networked world**. The MIT Press: England, 2015.
- BREUKERS, J. A. P. J.; HOEKSTRA, R. J. Epistemology and ontology in core ontologies: FOLaw and LRI-Core, two core ontologies for law. **CEUR Workshop Proceedings**, 2004.
- BRINEY, K. **Data management for researchers: organize, maintain and share your data for research success**. Exeter, UK: Pelagic Publishing, 2015.
- DIAS, G. A. **Guia de Dados de Pesquisa**, 2018. Acesso em: 22 ago. 2018
- FARINELLI, F.; ALMEIDA, M. B.; ELKIN, P.; SMITH, B. OntONeo: The Obstetric and Neonatal Ontology. Proceedings of the **International Conference of Biomedical Ontologies**, Corvallis, U.S., 2016.
- FARINELLI, F.; ALMEIDA, M.B.; ELKIN, P.; SMITH, B. (2016). Dealing with Social and Legal Entities in the Obstetric and Neonatal Domain. In Proceedings of the International Conference of Biomedical Ontologies, Corvallis, U.S.
- FARINELLI, F.; ALMEIDA, M.B. EMYDGIO, J.L. Arquitetura de dados orientada por ontologias: interoperando sistemas de saúde. In: XVI Congresso Brasileiro de Informática em Saúde (CBIS 2018).
- FARINELLI, F.; SILVA, S. de M.; ALMEIDA, M. B. Iniciativas governamentais para interoperabilidade semântica. **Revista Fonte**, ano 10, v. 13, p.66-74, dez. 2013.
- FONSECA, F. The double role of ontologies in information science research. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 58, p. 786-793, 2007.

- GRIFFO, C.; ALMEIDA J. P. A.; GUIZZARDI, G. Towards a legal core ontology based on alexy's theory of fundamental rights. In: **15th International Conference on Artificial Intelligence and Law (ICAIL)**, 2015.
- GUARINO, N. Formal ontology and information systems. In N. Guarino (Ed.). **Formal ontology in Information Systems** (1998, pp. 3–15). Amsterdam: IOS Press.
- HAENDEL, M. A.; MCMURRY, J. A.; RELEVO, R.; MUNGALL, C. J.; ROBINSON, P. N.; CHUTE, C. G.. A Census of Disease Ontologies. **Annual Review of Biomedical Data Science**, v.1, , p. 305-331, 2018.
- HARRIS, M.; PARKINSON, H.. Standards and Ontologies for Functional Genomics: Towards Unified Ontologies for Biology and Biomedicine. **Comp. Funct. Genom.** 2003; 4:116–120.
- HUNKLER, C. et al. Glimpsing into the Blackbox: Data Managing and Cleaning Processes. In: **Retrospective Data Collection in the Survey of Health, Ageing and Retirement in Europe**. MEA, Mannheim: Schröder, M., 2011. p. 44–54.
- IBRAHIM, E. A. A.; ATAELFADIEL, M. A. M. Ontology Life Cycle: A Survey on the Ontology and its Development Steps. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, v. 6, n. 8, 2017, p. 1352-1357.
- LENHARDT, W. C.; AHALT, S.; BLANTON, B.; CHRISTOPHERSON, L.; IDASZAK, R. Data Management Lifecycle and Software Lifecycle Management in the Context of Conducting Science. **Journal of Open Research Software**, v. 2, n. 1, p. e15, 9 jul. 2014.
- MACHADO, I. M. R.; ALENCAR, R. O. de J.; CAMPOS, R. de O.; JUNIOR, C. I. A. D.. An ontological gazetteer and its application for place name disambiguation in text. **Journal of the Brazilian Computer Society**, 17(4):267-279, 2011.
- MARTÍNEZ-COSTA, C.; SCHULZ, S. Validating EHR clinical models using ontology patterns. **Journal of Biomedical Informatics**, 76 (2017) 124–137.
- MEARIAN, L. The Data Life Cycle. **Computerworld**, Knowledge Center Storage. v. November 17, 2003, p. 39, 40, 2003.
- MENDONÇA, F. M.; ALMEIDA, M. B. ONTOFORINFOSCIENCE: A DETAILED METHODOLOGY FOR CONSTRUCTION OF ONTOLOGIES AND ITS APPLICATION IN THE BLOOD DOMAIN. **Brazilian Journal of Information Science: research trends**, v. 10, n. 1, 1 mar. 2016.
- NOY, N.; TUDORACHE, T.; NYULAS, C.; MUSEN, M. The ontology life cycle: Integrated tools for editing, publishing, peer review, and evolution of ontologies. **AMIA Annual Symposium Proceedings**, v. 2010, p. 552–556, 2010.
- RECTOR, A. L. **Clinical terminology: why is it so hard?** *Methods Inf. Med.* 1999 Dec;38(4-5):239-52.
- RODRIGUES, C.; CHAVES, M. S.; SILVA, M. J.. Uma Representação Ontológica da Geografia Física de Portugal. **IX Encontro de Utilizadores de Informação Geográfica**, ESIG-Oeiras, Portugal, 2006.
- SANTANA, R. C. G.. Ciclo de Vida dos Dados e o Papel da Ciência da Informação. **XIV Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação (Enancib 2013)**, p. 21, [s.d.], 2013.
- SEARLE, John R. *Basic Metaphysics: Reality and Truth*. In: _____. **Mind, Language and Society: Philosophy in the Real World**, Michigan: Basic Books, 1998, p.1-20.

SMITH, B. *Ontology*. In: L. Floridi. **Blackwell Guide to the Philosophy of Computing and Information**, Oxford: Blackwell, 2003, 155–166.

SMITH, B.; ASHBURNER M.; ROSSE, C.; BARD, J.; BUG, W.; CEUSTERS, W.; GOLDBERG, L. J.; EILBECK, K.; IRELAND, A.; MUNGALL, C. J.; The OBI Consortium; LEONTIS, N.; ROCCA-SERRA, P.; RUTTENBERG, A.; SANSONE, S.; SCHEUERMANN, R. H.; SHAH, N.; WHETZEL, P.; LEWIS, S.. The OBO Foundry: coordinated evolution of ontologies to support biomedical data integration. **Nat Biotechnol**. 2007 November; 25(11): 1251. doi:10.1038/nbt1346.

SOERGEL, D. The Rise of Ontologies or the Reinvention of Classification. *JASIS*, v. 50, p. 1119–1120, 1 out. 1999.

STRASSER, C.; COOK, R.; MICHENER, W.; BUDDEN, A. Primer on Data Management: What you always wanted to know. **DataONE**, p. 11, [s.d.].

TORRES, S.; SIMÕES, M.G.; ALMEIDA, M.B. (2017). Princípios para modelagem de domínios em sistemas de organização do conhecimento In: **Anais do III Congresso ISKO Espanha-Portugal**.

VICKERY, B. C. Ontologies. **Journal of Information Science**, London, v. 23, n. 4, p. 227-286, 1997.

VUMC - Vanderbilt University Medical Center **Strategic Plan for VUMC Informatics**. 2005. Disponível em: <https://ncs.mc.vanderbilt.edu/Data/NonSecure/IC_Strategic_Plan_9-12-5.pdf>.

WAND, Y.; WEBER, R. An Ontological Model of an Information System. **IEEE Transactions on Software Engineering**, Vol. 16, No. 11, November 1990.

_____. An Ontological Analysis of the Relationship Construct in Conceptual Modeling. **ACM Transactions on Database Systems**, Vol. 24, No. 4, December 1999, Pages 494–528.

WAND, Y.; STOREY, V. C.; WEBER, R.. An Ontological Analysis of the Relationship Construct in Conceptual Modeling. **ACM Transactions on Database Systems**, Vol. 24, No. 4, December 1999.

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DE VINHOS UTILIZANDO TÉCNICAS ELETROANALÍTICAS E ESPECTROFOTOMÉTRICAS

Isaide de Araujo Rodrigues

Universidade Federal do Maranhão-UFMA,
Departamento de Química.

Campos universitário do Bacanga - Centro de
ciências Exatas e Tecnologia

Av. dos Portugueses, 1966 - CEP: 65085-580-
São Luís – MA

Deracilde Santana da Silva Viégas

Universidade Federal do Maranhão - UFMA

Campos universitário do Bacanga - Av. dos
Portugueses, 1966 - CEP: 65085-580 São Luís –
MA.

Ziel dos Santos Cardoso

Instituto Federal de Educação Ciências e
Tecnologia do Maranhão - IFMA

Av. Getúlio Vargas, nº 4. Bairro Monte Castelo I
CEP: 65030-005 I São Luís/MA.

Vinicius Tribuzi Rodrigues Pinheiro Gomes
Universidade Federal de São Carlos –UFSCar.
Rod. Washington Luiz, s/n, São Carlos - SP,
13565-905.

Ana Maria de Oliveira Brett

Chemistry Department, University of Coimbra,
3004-535. Coimbra, Portugal

RESUMO: A composição fenólica e a capacidade antioxidante total dos vinhos portugueses tintos e brancos foram avaliadas por técnicas eletroquímicas e espectrofotométricas. Os diferentes compostos fenólicos presentes nos dezessete vinhos tintos e brancos, com

diferentes castas e de diferentes localizações geográficas, foram identificados e detectados com sucesso. Determinou-se a capacidade antioxidante total dos vinhos, utilizando-se o índice quantitativo eletroquímico (IE), e o método de captura da “concentração eficiente” (CE_{50}) de radicais livres 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH). O vinho com maior capacidade antioxidante total apresentou o menor poder antioxidante, e foi obtida uma correlação muito boa entre os ensaios EI e EC_{50} .

PALAVRAS-CHAVE: Vinhos tintos e brancos, eletrodo de carbono vítreo, compostos fenólicos

EVALUATION OF THE ANTIOXIDANT CAPACITY OF WINES USING ELECTROANALYTICAL AND SPECTROPHOTOMETRIC TECHNIQUES

ABSTRACT: Red and white Portuguese wines phenolic composition and total antioxidant capacity have been evaluated by electrochemical, spectrophotometric. The different phenolic compounds present in the seventeen red and white wines, with different grape varieties, and from different geographical locations, were successfully identified and detected. The wines total antioxidant capacity, using the electrochemical quantitative index (EI), and the method of

capture of diphenilpicrilhydrazil (DPPH) free radical “efficient concentration” (EC_{50}), was determined. The wine with the highest total antioxidant capacity exhibited the lowest antioxidant power, and the EI and EC_{50} assays had a very good correlation. **KEYWORDS:** Red and white wines· glassy carbon electrode· phenolic compounds in vitro, total antioxidant capacity.

1 | INTRODUCTION

The origin of wines in Portugal is more than two thousand years old, with the influence, from Phoenicians, Greeks and Celts, been consolidated by the Romans. The enormous number, over 2₅₀ *Vitis vinifera* Portuguese native grape varieties, a Portuguese treasure, enable the great diversity and the different personalities found in the Portuguese wines. Although each variety has different characteristics, the same grape variety can also produce different wines according with the terroir, soil, topography, and climate, where it is cultivated. The most important red wine varieties being: *Touriga Nacional*, *Baga*, *Castelão*, *Touriga Franca*, *Alfrocheiro*, *Jaen* and *Trincadeira*; and the most important white varieties: *Alvarinho*, *Loureiro*, *Arinto*, *Encruzado*, *Bical*, *Fernão Pires*, *Moscatel* and *Malvasia Fina*.

The red and white Portuguese wine samples natural phenolic composition, include flavonoids, which are ubiquitous in the vegetal kingdom, occurring mainly as secondary metabolites in a wide variety of structures, each one presenting interesting chemical and biological properties, being members of the food antioxidants group. The evaluation of the mechanisms involved in the natural flavonoids’ antioxidant and pro-oxidant role in our daily nutrition is of great relevance.

The flavonoids are effective antioxidants because of their sequestering properties of free radicals and chelate metal ions (KANDASWAMI, C.; MIDDLETON JR, 1994), thus protecting tissues from free radicals and lipid peroxidation. They are the main antioxidants in natural products and the basic structure present an A-ring connected to a benzene B-ring via a heterocyclic pyrene C-ring.

The flavonoids antioxidant properties aim to protect from highly reactive species, mainly the hydroxyl radical ($\cdot\text{OH}$) and the superoxide anion ($\text{O}_2\cdot^-$), which are involved in tissue damage by initiating lipid peroxidation and matrix interstitial disruption (KAHRAMAN, A. et al. 2003). In addition, flavonoids have membrane stabilizing properties, which can affect some intermediary metabolic processes (GALATI, G. et al. 2002). In particular, quercetin sequesters oxygen radicals ($\cdot\text{OH}$ and $\text{O}_2\cdot^-$), inhibits xanthine oxidase and lipid peroxidation, and has iron chelating and stabilizing properties (SORATA, Y., TAKAHAMA, U., KIMURA, M., 1984).

Although flavonoids present important antioxidant properties in the prevention of diseases, studies have demonstrated that, depending on concentration, they also have *in vitro* a pro-oxidant activity. Concentrated extracts of plants rich in flavonoids as green tea leaves, isolated isoflavones from soya beans, and grape seeds, are

widely diffused as nutraceuticals for the treatment of cardiovascular diseases, cancer, and chronic inflammation. Thus, mutagenicity reports based on the oxidative damage caused by flavonoids became of great interest (HEIM, K.E., TAGLIAFERRO, A.R., BOBILYA, D.J. 2002)

The phenolic compounds importance led to the development of analytical methods, such as chemiluminescence, (CHEN, R.L.C., LIN,C.H., CHUNG,C.Y., CHENG,T.J. 2005), spectrophotometry (MAGALHÃES, L.M., SANTOS, M., SEGUNDO, M.A., REIS, S., LIMA, J. L. F. C. 2009), capillary electrophoresis (FERNANDEZ-PACHON M.S., VILANO, D., TRANCOSO, A.M., GARCIA-PARRILLA, M.C. 2006; BERLI, F.; D'ANGELO, J.; CAVAGNARO, B.; BOTTINI, R.; WUILLOUD, R.; SILVA, M. F. 2008)., and chromatography (SPÍNOLA, V.; PINTO, J.; CASTILHO, P.C. 2015; CASSANO, A.; CAIAZZO, F.; DRIOLI, E. 2017) for their determination in different types of samples.

Due to their high sensitivity, voltammetric methods have been successfully used for the investigation of the oxidation mechanism of biological active substituted phenols, providing valuable insights into their redox behaviour and their detection in various samples. The electrochemical characterization of the mostly widespread flavonoids has already been investigated at different carbon electrode materials: glassy carbon, carbon paste, *etc.* (J. B. HE, Y. WANG, N. DENG, X. Q. LIN. 2007; H. P. HENDRICKSON, A. D. KAUFMAN, C. E. LUNTE. 1994) and their oxidation mechanisms were correlated with the electroactive groups: phenol, resorcinol and catechol.

The electrochemical behaviour and “antioxidant capacity” can be linked through the relationship: the lower the oxidation potential the greater the antioxidant power (H. P. HENDRICKSON, A. D. KAUFMAN, C. E. LUNTE. 1994). Therefore, the presence of voltammetric currents at low anodic potentials indicates the presence of polyphenolic compounds of higher antioxidant capacity, while oxidation at higher potentials denotes polyphenolic compounds of low antioxidant activity (ARRIBAS, A.S., MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, M., CHICHARRO, M. 2012).

The electrochemical index (EI) is defined as the total phenolic concentration. The EI is obtained using differential pulse voltammetry, taking into account the compound peak potential (E_p) and peak current (I_p), using the equation [26].

$$EI = (I_{p1} / E_{p1}) + (I_{p2} / E_{p2}) + \dots + (I_{pn} / E_{pn}) \quad (1)$$

The spectrophotometric methods have also been applied for the determination of phenolic compounds total antioxidant capacity, using different compounds: DPPH• (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazine) (VILLAÑO, D. ET AL 2007; P. MOLYNEUX. 2004; K. MISHRA, H. OJHA, N. K. CHAUDHURY. 2012)., ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) (L. P. LEONG, G. SHUI. 2002; KATALINIC,

V., MILOS, M., KULISIC, T. AND JUKIC, M. 2006) and DMPD (*N,N*-dimethyl-*p*-phenylendiamine) (RAO, P.S.; E. HAYON, E. 1975); AL-ABACHI, W.Q., HADDI, H.; AL-ABACHI, A.M. 2005; ÇEKIÇ, S.M.; AVAN, A.N.; UZUNBOY, S.; APAK, R. 2015).

The DPPH• free radical scavenging assay involves a stable and commercially available radical, and it is a determination easy to perform, that leads to highly reproducible and accurate results. The decrease in absorbance is monitored at $\lambda = 516$ nm and the DPPH• scavenging radical efficiency is calculated using the equation:

$$\text{DPPH}^\bullet \text{ scavenging effect (\%)} = [(A_0 - A_1) / A_0] \times 100 \quad (2)$$

where A_0 and A_1 correspond to the absorbance at $\lambda = 516$ nm of the DPPH• radical in the absence and in the presence of antioxidant, respectively. The total antioxidant capacity is expressed as “efficient concentration” or EC_{50} , representing the amount of extract to produce 50% of decolourization of DPPH• relative to the methanol blank control.

The present work focuses on the evaluation of the phenolic composition and total antioxidant capacity of seventeen wines, three white and fourteen red, from different wine demarcated regions (Controlled Denomination of Origin - DOC), in Portugal, using electrochemical and DPPH• radical scavenging quantification. The phenolic compounds with a glassy carbon electrode (GCE) and electrochemical index (EI) was determined, and compared with the total antioxidant capacity expressed as “efficient concentration” or (EC_{50}), evaluated by DPPH• free radical scavenging assay.

2 | EXPERIMENTAL

2.1 Reagents and solutions

Standard of delphinidin chloride, (-)-epigallocatechin gallate, ferrulic acid, hesperidin, hyperoside, kuromanin chloride, malvidin chloride, morin, quercetin dihydrate, quercetin-3-O-glucopyranoside, peonidin chloride, peonidin-3-O-rutinoside chloride, pellargonidin chloride, procyanidin A2, rutin, and resveratrol, were from Extrasynthese, Genay, France. Catechin hydrate, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl, and methanol (99.8 %), were from Sigma-Aldrich, Germany, and formic acid (98-100 %) was from Merck, Darmstadt, Germany.

All solutions were prepared using analytical grade reagents and purified water from a Millipore Milli-Q system (conductivity $\leq 0.1 \mu\text{S cm}^{-1}$) and the experiments were performed at room temperature, $25 \pm 1^\circ\text{C}$.

The volumes were measured using Pipetman pipettes, from Gilson, France. The pH measurements were performed with a CRISON 2001 micro pH-meter, with an Ingold-combined glass electrode, from Spain. The ultrasound bath used was from

Bandelin Sonorex, Germany. The microwave was a Miele, M625EG, Germany.

2.2 Methods, instruments and cells

The electrochemical cell was a VT-03 flow cell from Antec Leyden, Zoetewoude, Netherlands, in a three-electrode wall-jet configuration: a glassy carbon working electrode (GCE) with 2 mm diameter, an in situ Ag/AgCl reference electrode and a stainless steel auxiliary electrode. The in situ Ag/AgCl reference electrode, referred as ISAAC (in situ **Ag/AgCl**) is in direct contact with the mobile phase that contains 2 mM chloride ions (2 mM KCl). There is a difference of + 0.2 V between the potential of the Ag/AgCl (saturated KCl) reference electrode and the ISAAC reference electrode in contact with 2 mM KCl. Thus, for an experiment running at + 0.7 V vs. Ag/AgCl with saturated KCl, the potential setting using ISAAC should be + 0.5 V. All measurements were performed at the applied cell potential of $E_{ap} = + 0.5 \text{ V vs. ISAAC}$ ($E_{ap} \sim + 0.7 \text{ V vs. Ag/AgCl}$ (saturated KCl) reference electrode). The photodiode array detection (PDA) experimental conditions were $190 \text{ nm} < \lambda < 600 \text{ nm}$.

2.2.1 Electrochemistry

Differential pulse (DP) voltammetric experiments were carried out using an Ivium CompactStat potentiostat, Ivium, The Netherlands. Measurements were carried out using a glassy carbon working electrode (GCE) with 1 mm diameter, a platinum wire counter electrode and an Ag/AgCl (3 M KCl) reference electrode, in a 1 mL one compartment electrochemical cell (eDAQ Products, Poland).

In order to ensure reproducible results, the GCE was submitted to a cleaning procedure before each electrochemical assay, consisting in polishing with diamond spray (particle size 1 μM , Kement, Kent, UK). After polishing, the GCE was rinsed thoroughly with Milli-Q water, placed in buffer supporting electrolyte and various DP voltammograms were recorded until a constant baseline voltammogram was obtained. The experimental conditions for DP voltammetry were: pulse amplitude 50 mV, pulse width 100 ms, step potential 2 mV, and scan rate $\nu = 5 \text{ mV s}^{-1}$.

2.2.2 Spectrophotometry

The absorbance measurements were recorded on a U-2810 Spectrophotometer Digilab® Hitachi with UV Solutions Program. The experimental conditions for absorption spectra were: scan speed 400 nm/min, sampling interval 1.50 nm, and path length 1 cm. All UV-Vis spectra were measured for $200 < \lambda < 800 \text{ nm}$.

2.3 Sample preparation

Seventeen wine samples, from different red and white wine demarcated Portuguese regions (Controlled Denomination of Origin - DOC), were purchased from

local stores in Portugal, stored in the freezer at -20°C , and the analyses carried out within a few days. The wine samples were diluted to 2, 4, 6, 8 and 10% concentrations. These concentrations were further diluted in the UV-Vis cuvette due to the addition of the DPPH \cdot solution and/or methanol during absorbance measurements resulting in 11 different concentrations which varied from 0.13 to 1.7 %. Each wine sample was diluted (1:1) in the mobile phase A for the DP voltammetric measurements.

2.4 UV-Vis spectrophotometry and DPPH \cdot assay

The radical scavenging activity of different fractions of wine, based on the conversion (decolourization) of the stable 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH \cdot) radical by wine antioxidants, was measured. The ability of samples to scavenge DPPH \cdot radicals was determined by the Brand-Williams assay [28].

The DPPH \cdot stock solution was prepared daily, and a concentration of 90 μM , corresponding to 0.9 absorption at $\lambda = 516 \text{ nm}$, was used. Eleven different concentrations of each wine, have been assayed in order to check the response linearity, and to establish the antioxidant capacity in the suitable linear range. Briefly, to 2.5 mL of DPPH \cdot methanolic solution, an aliquot of 0.5 mL of methanol blank control was added in order to reach a final volume of 3.0 mL. This procedure was repeated for all analytical samples. The reaction solution was incubated for 15 min in the dark at room temperature and measured at $\lambda = 516 \text{ nm}$. The total antioxidant capacity was expressed as “efficient concentration” or EC_{50} , representing the amount of extract to produce 50 % of decolourization of DPPH \cdot relative to the methanol blank control.

3 | RESULTS AND DISCUSSION

The aim of this work was the evaluation of the phenolic composition and total antioxidant capacity of seventeen wines, from different wine demarcated regions (Controlled Denomination of Origin - DOC), in Portugal, electrochemical and DPPH \cdot radical scavenging measurements. The phenolic composition, was carried out. The voltammetric method (EI) was used for the determination of the total antioxidant capacity, as well as the DPPH \cdot radical scavenging due to the correlation found between oxidation peak potential and EC_{50} . This methods are fast and cheap and allowed making the measurements under a variety of experimental conditions.

3.1 Electrochemical characterization of wine samples

The electrochemical behaviour of phenolic standard compounds was also investigated for control and the results obtained are summarized in **Table 1**.

Standard flavonoid compounds	Ep (V)			
	Peak 1	Peak 2	Peak 3	Peak 4
1-Delphinidin Chloride	-	0.5	0.6	0.9
2-Malvidin Chloride	-	0.5	0.85	-
3-Catechin	-	0.45	0.81	-
4-(-)-Epigallocatechin gallate	-	0.6	-	0.95
5-(-)-epicatechin	0.2	0.45	0.85	-
6-Kuromanin chloride	-	0.68	0.77	0.94
7-Peonidin-3-O-glucoside chloride	-	0.55	0.75	0.9
8-Ferulic acid	0.45	0.69	0.75	-
9-Procyanidin A2	-	-	0.7	0.95
10-Hyperoside	-	0,58	-	-
11-Quercetin-3-O-glucopyranoside	-	0.57	-	-
12-Rutin	0.31	0.36	-	1.01
13-Resveratrol	0.21	0.52	0.88	1.035
14-Fisetin	-	0.52	0.85	-
15-Morin	0.25	0.45	-	-
16-Quercetin dihydrate	0.23	0.47	0.58	-
17-Perlagodin Chloride	0.53	0.57	0.9	1.07
18-Peonidin Chloride	-	0.5	0.9	-
19-Hesperidin	0.3	0.5	-	-

Table 1: Standard phenolic compounds oxidation peak potentials, using GCE, obtained by DP voltammetry.

In order to evaluate the total antioxidant capacity, the electrochemical behaviour of red and white wine samples, in pH = 2.2, in order to maintain the flavylum cation at a higher concentration, by DP voltammetry, at a GCE, was investigated, Figure 1. The DP voltammetric assays, for each wine sample, under the same experimental conditions as for catechin, were carried out, Figure 2.

The wine oxidation peaks, in the potential range from 0.4 to 0.8 V, are independent of the wine type, corresponding to the oxidation of various polyphenolic compounds with catechol groups in the B-ring of their structure, flavonoids such as catechin, epicatechin, etc., Table 1, as well as, some phenolic acids, such as caffeic and ferulic acids. The oxidation peaks in the potential range from 0.6 to 0.9 V, for red wines, Figure 1A, correspond to the anthocyanins oxidation, as well as the second oxidation peak of catechin and aldehydes.

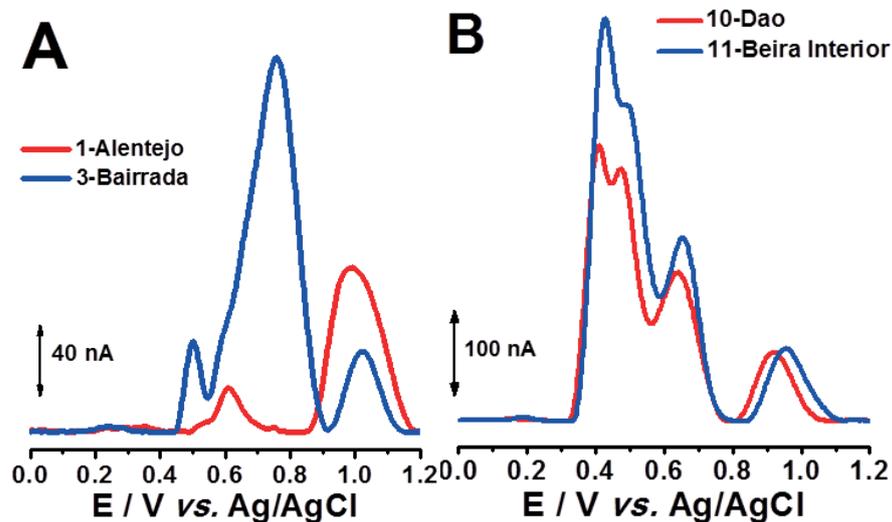


Figure 1. DP voltammograms in (A) white and (B) red wine samples, dilution (1:1), at GCE, in pH = 2.2. Scan rate 5 mV s⁻¹.

The first peak for white wines and the second peak for red wines are due to the oxidation of polyphenols with higher oxidation potentials, some phenolic acids (p-coumaric and vanillic acids). However, the wine oxidation peaks occurring from 0.8 to 0.9 V are due to flavonoids and tannins that can be oxidized, as well as, the hydroxyl group at position 3 in the flavonoids C-ring.

In the wines DP voltammograms three anodic peaks, were observed, Figure 1. In the case of red wines, the first oxidation peak current was much higher than for the white wines, this being in agreement with the catechin standard first oxidation peak, P_{1a}, Figure 2. The first oxidation peak current was used to quantify the red wines total antioxidant capacity. For red wines the second and third oxidation peak current, are related to other antioxidants present in each different grape varieties, and the currents were lower.

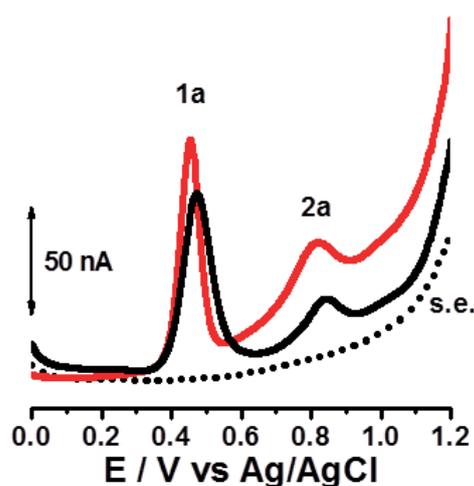


Figure 2: DP voltammograms in 10 μ M catechin, at GCE, in pH = 2.2: (-) first scan (-) second scan, and (•••) supporting electrolyte (s.e), scan rate 5mV s⁻¹.

In the case of white wines the highest oxidation peak occurred at a more positive potential than for red wines, and with a oxidation peak current three times lower, when compared to the first red wines oxidation peak currents, in agreement with white wines less total antioxidant capacity than red wines, Table 2. A comparison between the oxidation peak potentials obtained for the phenolic standards, Table 1, and those obtained for the red and white wines, Table 2, showed a correlation between oxidation peak potentials of the wine polyphenols and the phenolic standards.

Samples	Year	DOC Region	Ep (V)				EC50 (%)	EI (nA/mV)
			Peak 1	Peak 2	Peak 3	Peak 4		
Catechin	-	-	-	0.45	0.81	-	1.039 x 10 ⁻³ mg/mL	0.206
1	2010	Alentejo	0.59	0.69	-	-	0.55	0.317
2	2012	Alentejo	-	0.59	0.68	1.03	0.53	0.475
3	2013	Bairrada	0.36	0.6	-	1.01	0.56	0.280
4	2010	Douro	0.45	0.53	0.69	0.95	0.43	0.615
5	2012	Douro	0.48	0.54	0.77	1.03	0.40	0.110
6	2013	Douro	0.44	-	0.70	0.97	0.37	0.146
7	2008	Dão	0.44	0.50	0.68	0.94	0.37	0.403
8	2010	Dão	0.41	0.47	0.64	0.92	0.37	1.851
9	2011	Dão	0.39	0.44	0.70	0.95	0.41	0.998
10	2012	Dão	0.42	0.48	0.65	0.91	0.39	2.610
11	2008	Beira Interior	0.40	0.48	0.68	0.95	0.37	0.297
12	2011	Lisboa	0.48	0.54	0.77	1.0	0.37	0.622
13	2013	Lisboa	0.38	0.45	0.62	0.89	0.36	0.965
14	2010	Alentejo	0.38	0.43	0.69	0.94	0.49	1.066
15	2011	Alentejo	0.51	0.58	0.73	1.04	0.42	0.203
16	2012	Alentejo	-	0.47	0.66	0.89	0.45	0.647
17	2013	Alentejo	0.45	0.52	0.69	0.94	0.49	0.644

Table 2. Oxidation peak potentials of catechin standard, white and red wines, using GCE, by DP voltammetry, efficient concentration (EC₅₀) obtained by the DPPH• free radical assay, and electrochemical quantitative index (EI).

3.2 Spectrophotometric characterization of wines samples

The total antioxidant capacity of the different red and white wines has been determined using the DPPH• free radical scavenging assay, for different extract concentrations, ranging from 0.13 to 1.7 %, and at different incubation times, from 0 to 15 minutes. Measuring the DPPH• absorbance decrease after 15 min incubation, for each wine concentration, the EC₅₀ was calculated, and the results were compared with the catechin standard, Table 2. The results obtained for red and white wines, for different concentrations, showed an increase of antioxidant capacity, and a decrease in the radical absorbance till completion, Figure 3, Table 2.

The red wines presented the lowest radical scavenging ability, corresponding

to the lowest EC_{50} , Table 2. On the other hand, the EC_{50} and the EI values differ within red wines due to variables, such as: grape varieties, DOC regions, terroir, alcohol content of wines, etc. It is very interesting finding that the three Dão wines consistently presented high EI values, as well as one Lisboa and one Alentejo wine. The three white wines presented the highest radical scavenging ability, with an $EC_{50} \sim 0.55$, Figure 3A, Table 2, corresponding to the lowest total antioxidant capacity.

In the case of the DPPH• assay, the results represented the concentration of wine, which contained the amount of antioxidants necessary for neutralization of 50% of DPPH•. The electrochemical results gave information about the total antioxidant capacity [38].

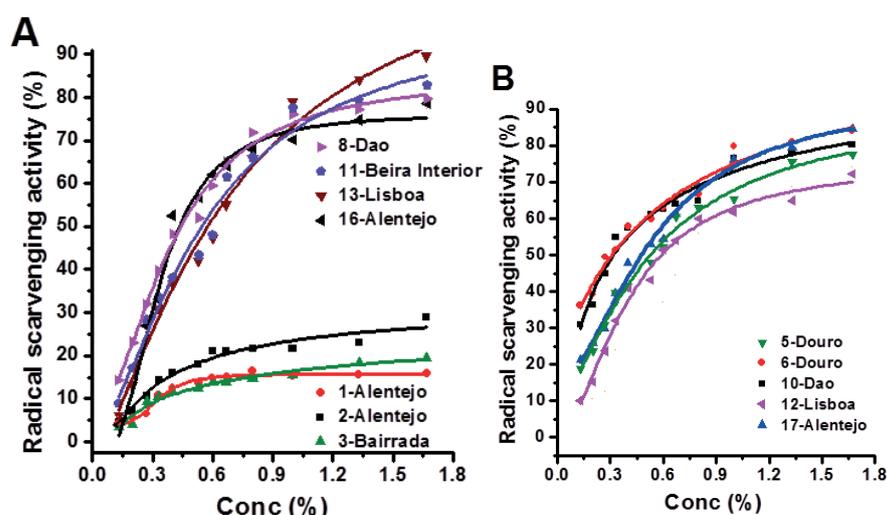


Figure 3. DPPH radical scavenging activity (%) versus wine samples concentrations (%).

4 | CONCLUSIONS

The Portuguese red and white wines total antioxidant capacity, by the electrochemical quantitative index (EI), and “efficient concentration” (EC_{50}), showed that the total antioxidant capacity of white wines is much lower compared with that of red wines, corresponding to the white wines lower content in phenolic compounds.

These results showed the excellent electrochemical detection sensitivity and the method suitability for the detection of low levels of electroactive phenolic compounds in red and white wines, and for the electrochemical determination of the total antioxidant capacity.

REFERENCES

Arribas, A.S., Martínez-Fernández, M., Chicharro, M. (2012). The role of electroanalytical techniques in analysis of polyphenols in wine, *TrAC, Trends Anal. Chem.*, 34, 78-96.

Berli, F.; D’Angelo, J.; Cavagnaro, B.; Bottini, R.; Wuilloud, R.; Silva, M. F. (2008). Phenolic

composition in grape (*Vitis vinifera* L. cv. Malbec) ripened with different solar UV-B radiation levels by capillary zone electrophoresis. *J. Agric. Food Chem.*, 56, 2892–2898.

Cassano, A.; Caiazzo, F.; Drioli, E. (2017). Separation and purification of phenolic compounds from pomegranate juice by ultrafiltration and nanofiltration membranes. *J. Food Eng.*, 195, 1-13.

Chen, R.L.C., Lin, C.H., Chung, C.Y., Cheng, T.J. (2005). Determination of tannin in green tea infusion by flow-injection analysis based on quenching the fluorescence of 3-aminophthalate. *J. Agric. Food Chem.*, 53, 8443–8446.

Fernandez-Pachon M.S., Vilano, D., Trancoso, A.M., Garcia-Parrilla, M.C. (2006). Determination of the phenolic composition of sherry and table white wines by liquid chromatography and their relation with antioxidant activity. *Anal. Chim. Acta*, 563, 101–108.

Galati, G. et al. (2002). Prooxidant activity and cellular effects of the phenoxyl radicals of dietary flavonoids and other polyphenolics. *Toxicology*, 177, 91-104.

H. P. Hendrickson, A. D. Kaufman, C. E. Lunte. (1994). Electrochemistry of catechol-containing flavonoids. *J. Pharm. Biomed. Anal.*, 12, 325-334.

Heim, K.E., Tagliaferro, A.R., Bobilya, D.J. (2002). Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *J. Nutr. Biochem.*, 13, 572-584.

I. P. G Fernandes, S. C. B. Oliveira, M. Ghalkhani, S. Shahrokhian, A. M. Oliveira-Brett. Electrochemical Oxidation Mechanisms of the Antioxidants Daidzein and 7-Hydroxy-4-chromone. *Electroanalysis*, 24, 618-626.

J. B. He, Y. Wang, N. Deng, X. Q. Lin. (2007). Study of the adsorption and oxidation of antioxidant rutin by cyclic voltammetry–voltabsorptometry. *Bioelectrochem.*, 71, 157-163.

K. Mishra, H. Ojha, N. K. Chaudhury. (2012). Estimation of antiradical properties of antioxidants using DPPH assay: A critical review and results. *Food Chem.*, 130, 1036-1043.

Kahraman, A. et al. (2003). Protective effect of quercetin on renal ischemia/reperfusion injury in rats. *Journal of Nephrology*, 16 219-224.

Kandaswami, C., Middleton Jr., E., (1994). Free radical scavenging and antioxidant activity of plants flavonoids. *Adv. Exp. Med. Biol.*, 366, 351-376.

L. P. Leong, G. Shui. (2002). An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. *Food Chem.*, 76, 69-75.

Magalhães, L.M., Santos, M., Segundo, M.A., Reis, S., Lima, J. L. F. C. (2009). Flow injection based methods for fast screening of antioxidant capacity. *Talanta*, 77, 1559–1566.

Mannino, S., Brenna, O., Buratti, S., Cosio, M.S. (1998). A new method for the evaluation of the antioxidant power of wines, *Electroanalysis*, 10, 908-912.

Middleton, E., Kandaswami, C., Theoharides, T.C. (2000). The effects of plant flavonoids on mammalian cells: implications for inflammation, heart disease, and cancer. *Pharmacol. Rev.*, 52, 673-751.

P. Molyneux. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarinn J. Sci. Technol.*, 26, 211-219.

Sorata, Y., Takahama, U., Kimura, M., (1984). Protective effect of quercetin and rutin on the

photosensitized lysis of human erythrocytes in the presence of hematoporphyrin. *Biochim. Biophys. Acta*, 799, 313-317

Spínola, V.; Pinto, J.; Castilho, P.C. (2015). Identification and quantification of phenolic compounds of selected fruits from Madeira Island by HPLC-DAD–ESI-MSⁿ and screening for their antioxidant activity. *Food Chem.*, 173, 14.

Villaño, D., Fernández-Pachón, M.S., Moyá, M.L., Trancoso, A.M., García-Parilla, M.C. (2007). Radical scavenging ability of polyphenolic compounds towards DPPH free radical, *Talanta*, 71, 230-235.

Katalinic, V., Milos, M., Kulisic, T. and Jukic, M. (2006). Screening of 70 medicinal plant extracts for antioxidant capacity and total phenols. *Food Chem.*, 94, 550-557.

Rao, P.S.; E. Hayon, E. (1975). Oxidation of aromatic amines and diamines by hydroxyl radicals. Formation and ionization constants of amine cation radicals in water. *J. Phys. Chem.*, 70, 1063-1066.

AVALIAÇÃO DE ADITIVOS ANTIOXIDANTES COMO INIBIDORES DA CORROSÃO PROVOCADA PELO BIODIESEL DE DIFERENTES MATÉRIAS-PRIMAS

José Geraldo Rocha Junior

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,
Instituto de Química
Seropédica-RJ

Marcelle Dias dos Reis

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,
Instituto de Tecnologia
Seropédica-RJ

Luana de Oliveira Santos

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,
Instituto de Química
Seropédica-RJ

Andressa da Silva Antunes

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,
Instituto de Química
Seropédica-RJ

Cristina Maria Barra

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,
Instituto de Química
Seropédica-RJ

Sheisi Fonseca Leite da Silva Rocha

Universidade Estadual do Rio de Janeiro,
Faculdade de Tecnologia
Resende-RJ

Otávio Raymundo Lã

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,
Instituto de Química
Seropédica-RJ

Rosane Nora Castro

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,
Instituto de Química

Seropédica-RJ

Matthieu Tubino

Universidade Estadual de Campinas, Instituto de
Química
Campinas-SP

Acácia Adriana Salomão

Universidade Estadual de Campinas, Instituto de
Química
Campinas-SP

Willian Leonardo Gomes da Silva

Universidade Estadual de Campinas, Instituto de
Química
Campinas-SP

RESUMO: O biodiesel é um combustível biodegradável produzido a partir de fontes naturais e renováveis. Apesar das vantagens em relação ao diesel, ele é mais susceptível à oxidação, sofrendo degradação e o tornando-se corrosivo, a menos que seja tratado com aditivos para aumentar a sua estabilidade. No presente trabalho, biodieseis sintetizados a partir dos óleos de fritura usados, soja, macaúba (amêndoa) e palmiste tiveram suas corrosividades avaliadas frente ao cobre na ausência e na presença dos antioxidantes: N,N'-di-*sec*-butil-*para*-fenilenodiamina (SBEA), *terc*-butil-hidroquinona (TBHQ), propil galato (PG) e o líquido da castanha do caju (LCC). A taxa de corrosão do cobre foi determinada pela

sua perda de massa após imersão nos biodieseis. O biodiesel de soja promoveu a menor taxa de corrosão ($1,84 \pm 0,09 \text{ mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) e o de palmiste foi o mais corrosivo ($10,3 \pm 0,6 \text{ mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$). O PG diminuiu a taxa de corrosão do cobre nos biodieseis de palmiste, macaúba e soja ao nível do branco. O mesmo foi observado com a adição do LCC no biodiesel de soja. Além disso, o LCC diminuiu em 81% a taxa de corrosão do cobre nos biodieseis de palmiste e fritura, e em 64% no de soja. O TBQH teve efeito apenas no biodiesel de fritura, com 32% de diminuição da taxa. O SBEA produziu precipitado preto e aumentou a taxa de corrosão do cobre no biodiesel de palmiste, contudo teve ação anticorrosiva nos biodieseis de macaúba e fritura.

PALAVRAS-CHAVE: galato de propila, castanha de caju, palmiste, macaúba, soja

EVALUATION OF ANTIOXIDANT ADDITIVES AS INHIBITORS OF CORROSION CAUSED BY BIODIESEL FROM DIFFERENT RAW MATERIALS

ABSTRACT: Biodiesel is a biodegradable fuel produced from natural and renewable sources. Despite the advantages over diesel, it is more susceptible to oxidation, undergoing degradation and becoming corrosive, unless treated with additives to increase its stability. In the present work, biodiesels from used frying, soybean, macauba and palm kernel oils had their corrosivity evaluated against copper with and without the antioxidants: N,N'-di-sec-butyl-p-phenylenediamine (SBEA), *tert*-butylhydroquinone (TBHQ), propyl gallate (PG) and liquid from cashew nut shells (LCC). The corrosion rate of copper was determined by its loss of mass after immersion in biodiesels. Biodiesel from soybean oil promoted the lowest corrosion rate ($1.84 \pm 0.09 \text{ mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) and the biodiesel from palm kernel oil was the most corrosive ($10.3 \pm 0.6 \text{ mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$). PG decreased the corrosion rate of biodiesels from palm kernel, macauba and soybean oils at blank level. The same was observed for the LCC with biodiesel from soybean oil. In addition, LCC reduced the corrosion rate of biodiesels from palm kernel and used frying oils by 81%, and by 64% with biodiesel from soybean oil. The TBQH had an effect only with biodiesel from used frying oil, with a 32% decrease in the corrosion rate. The SBEA produced black precipitate and increased the corrosion rate in biodiesel from palm kernel, although it had an anticorrosive action on biodiesels from macauba and used frying oil.

KEYWORDS: propyl gallate, cashew nut, palm kernel, macauba, soybean

1 | INTRODUÇÃO

O biodiesel é uma mistura de alquil ésteres produzidos a partir de ácidos graxos derivados de matérias-primas renováveis, tais como óleos vegetais, óleos de microalgas e gorduras animais sendo, atualmente, um excelente combustível alternativo para a sustentabilidade (FANTINEL *et al.*, 2015; CHISTI, 2007). A transesterificação é o processo mais utilizado para a sua obtenção e envolve a reação dos triglicerídeos com álcoois de baixa massa molecular, tais como o metanol

e o etanol (MEHER *et al.*, 2006).

Apesar das vantagens deste combustível frente ao diesel de petróleo, o padrão de qualidade do biodiesel pode ser alterado devido à sua baixa estabilidade oxidativa e hidrolítica, que fazem com que ele sofra degradação e se torne um produto corrosivo, danificando os componentes metálicos utilizados no transporte, armazenamento e nos sistemas veiculares (DOS REIS *et al.*, 2016).

A degradação do biodiesel produz ácidos de cadeia curta com ação corrosiva, como os ácidos fórmico, acético, propiônico e caprótico. Estes ácidos, por exemplo, foram relatados como os responsáveis pela corrosão do sistema de alimentação do combustível de motores a diesel (PULLEN e SAEED, 2012; NICZKE *et al.*, 2007; TSUCHIYA *et al.*, 2006). Os metais removidos ao longo do processo de corrosão podem, ainda, desencadear e catalisar outras reações indesejáveis, aumentando a degradação do biodiesel, tornando-o ainda mais corrosivo (SINGHA *et al.*, 2012; HASEEB *et al.*, 2011).

A estabilidade oxidativa do biodiesel e, por sua vez, a sua corrosividade podem ser influenciadas pelas impurezas presentes no produto final (como álcoois, ácidos graxos livres, água, catalisador e glicerol), pelos antioxidantes naturais ou adicionados ao biodiesel e pela matéria-prima empregada em sua produção que, em última análise, corresponde ao perfil dos ésteres alquílicos que irão compor o biodiesel (ROCHA Jr. *et al.*, 2019; AQUINO, 2012).

Em um estudo recente realizado para investigar a influência da matéria-prima, biodieseis metílicos produzidos a partir de diferentes óleos vegetais tiveram sua corrosividade avaliada frente ao cobre metálico (ROCHA Jr. *et al.*, 2019). Foi observado que os biodieseis com maiores teores de ésteres metílicos de ácidos graxos (EMAG) insaturados foram menos corrosivos do que aqueles com maiores teores de EMAG saturados, ao mesmo tempo em que os biodieseis de maior estabilidade oxidativa foram mais corrosivos do que os menos estáveis (**Tabela 1**). Em suma, os biodieseis facilmente oxidáveis foram menos corrosivos. Segundo os autores, os EMAG insaturados seriam adsorvidos na superfície do cobre metálico e atuariam como “moléculas de sacrifício”, pois inibiriam a corrosão do cobre ao protegê-lo do ataque promovido pelo O₂ dissolvido no biodiesel. Em contrapartida, os EMAG insaturados sofreriam degradação pela ação do O₂ dissolvido.

Óleo vegetal	Taxa de corrosão (mg m ² h ⁻¹)	Número médio de ésteres insaturados	Período de indução (h)
Girassol	1,6 ± 0,4	1,43	3,1 ± 0,2
Soja	1,64 ± 0,07	1,53	6,0 ± 0,2
Canola	1,7 ± 0,4	1,31	6,9 ± 0,3
Linhaça	2,3 ± 0,8	1,95	2,00 ± 0,01
Milho	3,1 ± 0,9	1,36	7,6 ± 0,1
Macaúba	7,7 ± 1,1	0,25	64,3 ± 0,3

Fritura usada	7,8 ± 1,1	0,83	1,61 ± 0,02
palmiste	10,3 ± 0,6	0,37	54 ± 3

Tabela 1. Taxas de corrosão (em $\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$), número médio de ésteres insaturados e período de indução (em h) dos biodieseis metílicos provenientes de diferentes óleos vegetais.

Fonte: Rocha Jr. *et al.*, 2019 [Adaptado].

Contudo, apesar dos biodieseis mais suscetíveis à degradação serem menos corrosivos, a degradação continua sendo prejudicial à sua qualidade, pois, além de formar produtos que promovem o entupimento dos filtros de combustível no motor, torna o biodiesel mais corrosivo. É o que se pôde observar no trabalho realizado por De Souza e Rocha Jr. (2018). Estes autores determinaram a taxa de corrosão do cobre metálico imerso em um biodiesel com alta estabilidade oxidativa (palmiste) e em outro com baixa estabilidade (soja), ambos em dois níveis de oxidação: recém-preparado e após 24 horas de degradação promovida sob agitação vigorosa e constante a 110 °C. Tais autores observaram que em ambos os biodieseis (soja e palmiste), a degradação aumentou a taxa de corrosão, contudo no biodiesel menos estável (soja) a taxa de corrosão foi menor do que no biodiesel mais estável (palmiste), tanto nos biodieseis recém-preparados nos submetidos à degradação por 24 horas (Figura 1).

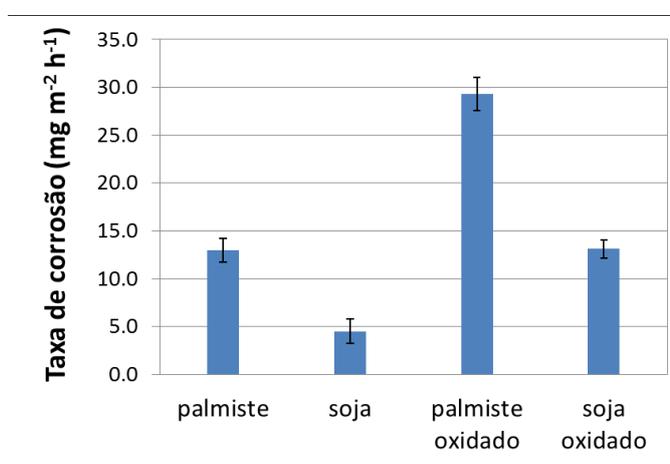


Figura 1. Taxa de corrosão \pm desvio padrão, em $\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$, das lâminas de cobre após o ensaio de imersão nas amostras dos biodieseis de palmiste e soja não oxidados e oxidados. Fonte: De Souza e Rocha Jr., 2018 [Adaptado].

Tendo em vista que o perfil dos ésteres aquílicos dos ácidos graxos que compõe o biodiesel influencia na sua corrosividade, a busca por inibidores da corrosão deve ser realizada levando em consideração a matéria-prima empregada no preparo deste biocombustível.

Os inibidores de corrosão são substâncias orgânicas ou inorgânicas, normalmente utilizadas em baixas concentrações, que retardam o processo de corrosão, evitando perdas econômicas devido à corrosão. De maneira geral, eles

apresentam dois mecanismos de ação: produzindo películas protetoras que se adsorvem na superfície metálica; ou agindo como antioxidantes.

Os inibidores orgânicos contêm insaturações e/ou grupamentos fortemente polares em sua estrutura com a presença de átomos de nitrogênio, oxigênio ou enxofre, que fazem com que estes compostos se adsorvam sobre as regiões catódicas e/ou anódicas do metal, protegendo-o. As insaturações, os heteroátomos e a orientação das moléculas adsorvidas, favorecem a ligação eletrônica do inibidor com o metal. Aminas, aldeídos, mercaptanas, compostos heterocíclicos nitrogenados, compostos contendo enxofre, compostos acetilênicos e compostos contendo anéis aromáticos são exemplos de compostos com este mecanismo de ação (FRAUCHES-SANTOS *et al.*, 2014).

Os compostos orgânicos que inibem a corrosão atuando como antioxidantes aumentam a estabilidade oxidativa do biodiesel, diminuindo a formação de produtos com ação corrosiva (AQUINO, 2012; DE SOUZA e SPINELLI, 2009). No biodiesel, normalmente se utiliza antioxidantes primários, que eliminam ou inativam os radicais livres gerados na etapa de iniciação ou propagação da reação de oxidação do biodiesel. Destacam-se fenóis substituídos e aminas aromáticas (KNOTHE *et al.*, 2006; VARATHARAJAN E CHERALATHAN, 2013; BENZAQUEEN, 2009).

A adição de grupos doadores de elétrons nesses compostos aumenta a sua eficiência antioxidante, enquanto que grupos que exercem eletro-atração fazem o contrário. Além disso, a atividade de um fenol como inibidor de oxidação é aumentada pela presença de grupos alquil volumosos, como *tert*-butil terciário na posição orto e também pela substituição de um grupo alquil na posição para (SANTOS, 2017).

Em razão da eficiência da ação antioxidante de aminas aromáticas e fenóis substituídos e do efeito que o perfil graxo exerce na corrosividade do biodiesel, esse trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho dos antioxidantes galato de propila (GP), *tert*-butil-hidroquinona (TBHQ), *N,N*-di-*sec*-butil-*para*-fenilenodiamina (SBEA) e do líquido da castanha do caju (LCC) (Figura 2) na diminuição da corrosividade de biodieseis produzidos a partir de diferentes matérias-primas, sendo elas: óleo de soja, palmiste, macaúba (amêndoa) e óleo de fritura usado. Para tal, será realizado a determinação da taxa de corrosão em lâminas de cobre a partir das perdas de massas ocorrida após a sua imersão nos biodieseis com e sem os antioxidantes.

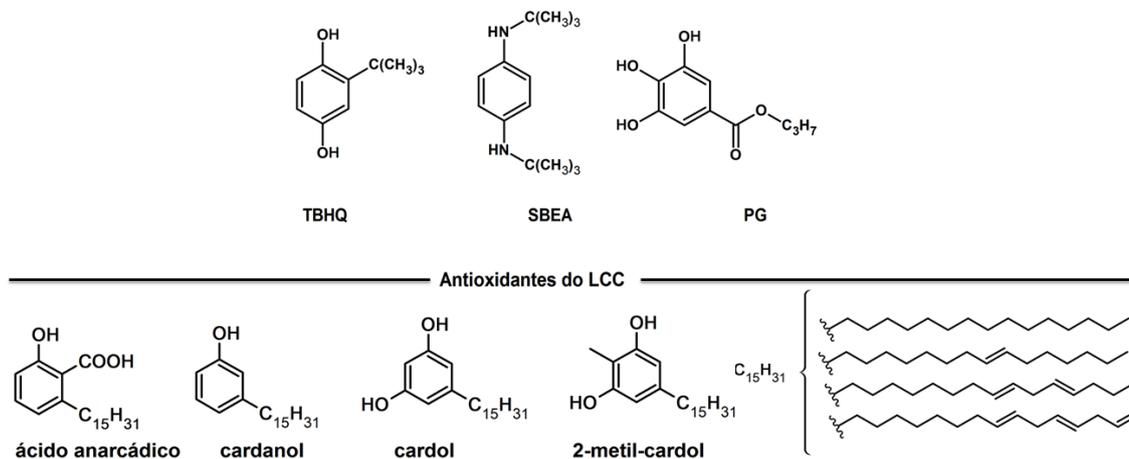


Figura 2. Estruturas químicas dos antioxidantes avaliados neste trabalho.

2 | METODOLOGIA

2.1 Síntese e purificação dos biodieseis

Inicialmente, os óleos de palmiste, fritura e macaúba (amêndoa) foram submetidos à esterificação para diminuir seus índices de acidez e prevenir a formação de sabões. Esta etapa foi realizada adicionando 600 g do óleo, 144 g de CH₃OH e 6,0 g H₂SO₄ concentrado em um balão de reação. Esta mistura foi mantida a 50 °C sob agitação vigorosa e constante por 1 hora. Após, a mistura produzida foi transferida para um funil de separação (Figura 3A), descartando-se a fase menos densa (solução metanólica acidificada). O óleo obtido foi titulado com NaOH 1,0 g L⁻¹ para a determinação do índice de acidez. Para tal, 1,0 mL do óleo foi dissolvido em 9,0 mL de álcool isopropílico e misturado com 2 gotas de fenolftaleína 0,1% m/v. A reação de esterificação foi repetida enquanto o índice de acidez fosse superior à 3 mg g⁻¹ NaOH. Do contrário, partiu-se para a reação de transesterificação.

A reação de transesterificação dos triglicerídeos foi realizada adicionando uma mistura de 96 g de CH₃OH com 3,5 g de solução de CH₃ONa (30% m/m, em metanol) à 600 g do óleo vegetal aquecido à 60 °C, em um balão de reação. A mistura produzida foi mantida nesta temperatura, em banho-maria, e deixada sob agitação constante e vigorosa durante 1 hora. Após, a mistura foi transferida a um funil de separação, quando ocorre a formação de duas fases (biodiesel/triglicerídeos e glicerol/metanol) (Figura 3B). Após remoção da mistura glicerol/metanol, deixou-se reagir novamente a fase do biodiesel por mais 1 hora, nas mesmas condições, transferindo-o para o balão de reação e adicionando uma mistura de 24,0 g de CH₃OH com 0,9 g de solução CH₃ONa 30% m/m. Após, a fase do glicerol foi removida e o biodiesel obtido foi purificado percolando-o em uma coluna contendo resina Amberlite® BD10 (Figura 3C e 3D), previamente seca em estufa à 100 °C.

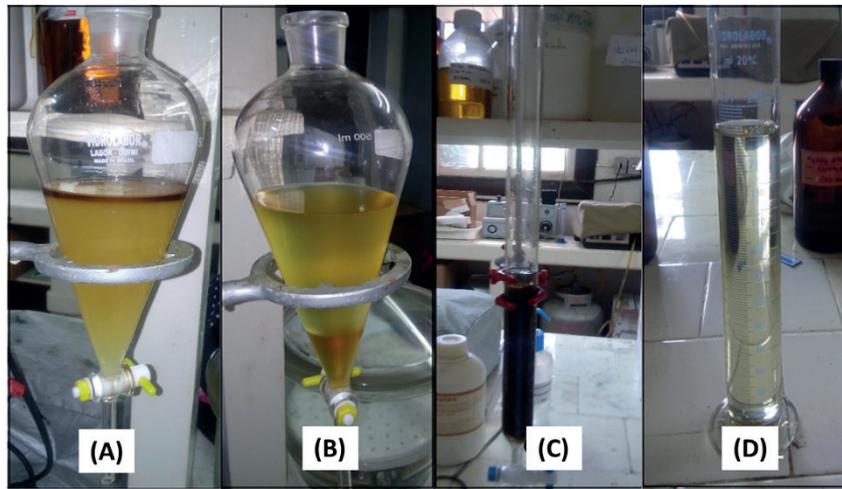


Figura 3: Etapas do processo de pré-tratamento do óleo e da purificação do biodiesel de palma: (A) separação das fases metanólica (superior) e oleosa (inferior) após a esterificação; (B) separação das fases do biodiesel (superior) a do glicerol (inferior) após a transesterificação; (C) percolação do biodiesel em coluna contendo resina Amberlit® BD10; (D) biodiesel purificado.

2.2 Determinação da taxa de corrosão

Os procedimentos descritos a seguir foram realizados seguindo as recomendações da norma da ASTM G1-03 (2003). Inicialmente, lâminas de cobre (20 x 20 x 0,30 mm) foram polidas com lixas de SiC de grãos 420 e 220, dimensionadas com o auxílio de um paquímetro, escovadas com uma escova de cerdas de Nylon®, lavadas com água destilada, etanol e acetona, secas com soprador térmico e mantidas em um dessecador. As massas das lâminas foram determinadas em uma balança analítica ($\pm 0,00001$ g). O procedimento de lavagem e secagem foi repetido para cada lâmina até a massa constante.

As lâminas foram imersas, suspensas por fio de Nylon®, em 50 mL dos biodieseis, com e sem a adição dos antioxidantes, e mantida em estufa a 60 °C. A concentração dos aditivos nos biodieseis foi de 10 mmol L⁻¹, exceto para o LCC, que foi empregado na concentração de 0,11% m/m. No sexto dia, os biodieseis foram submetidos a agitação vigorosa com barra magnética por 15 min. Em seguida, as lâminas foram mantidas em estufa a 60 °C por mais seis dias, totalizando 288 h de imersão. O objetivo da agitação foi promover a aeração do biodiesel para a reposição do oxigênio consumido nas reações de oxidação. Caso contrário, a taxa de corrosão poderia ser baixa, dificultando a determinação da perda de massa.

As lâminas de cobre foram, então, removidas do biodiesel, escovadas e lavadas com água destilada e etanol. Uma solução de ácido sulfúrico a 10% (v/v) foi usada para decapagem da superfície da lâmina, imergindo-a nesta solução por 3 min. Após, as lâminas foram lavadas água destilada e acetona, secas com soprador térmico e, finalmente, pesadas em uma balança analítica. Procedimentos de limpeza também foram realizados em lâminas de cobre para obtenção do branco da taxa de corrosão. Todos os procedimentos de limpeza e secagem da água foram repetidos até a massa

constante. Todos os ensaios foram realizados em triplicata. A taxa média de corrosão (em $\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$) foi obtida usando a Equação 1:

$$\text{taxa de corrosão} = (\Delta m \times 10^4) / (A \times t) \quad (\text{Equation 1})$$

onde: Δm é a perda média de massa da lâmina, em mg; A é a área total da placa de cobre, em cm^2 ; t é o tempo de imersão, em horas; e 10^4 é o fator de conversão (para converter cm^2 em m^2).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes do ensaio de imersão, foi observado que as adições dos antioxidantes nos biodieseis produziram soluções límpidas, modificando as suas colorações em alguns casos (Figura 4). O SBEA foi o aditivo que mais alterou a coloração dos biodieseis, produzindo um combustível de coloração castanho escuro. A adição do PG no biodiesel de palmiste não modificou a sua coloração, mantendo-se incolor. Contudo, no de macaúba, a coloração amarelada foi intensificada com o PG. Este fato merece destaque, pois indica que os aditivos interagem de modo diferente nos dois biodieseis (palmiste e macaúba), apesar de apresentarem o perfil de ésteres metílicos bastante semelhantes, exceto na porcentagem de ácido oleico (C18:1): 19,4% para o de macaúba e 29,7% para o de palmiste (ROCHA Jr. *et al.*, 2019). Tal observação pressupõe um comportamento diferenciado destes aditivos como anticorrosivos em biodieseis de matérias-primas diferentes.

	Sem aditivo	TBHQ	SBEA	LCC	PG	Sem aditivo	TBHQ	SBEA	LCC	PG
Palmiste										
Macaúba										
Fritura										
Soja										
	Antes da imersão					Após a imersão				

Figura 4. Biodieseis antes e após o ensaio de imersão, realizado à 60 °C por 12 das. As amostras dos biodieseis sem aditivos estão apresentadas com as lâminas de cobre imersas.

Após o ensaio de imersão, foi observado que os biodieseis testados tiveram suas colorações intensificadas devido às degradações ocorridas ao longo da corrosão do cobre metálico (Figura 4). Merece destaque o biodiesel de palmiste, que passou de incolor para verde, o que poderia estar associado ao desprendimento do íon cobre para a fase do biodiesel e a possível formação de complexos com os compostos orgânicos solúveis derivados (ou não) da degradação do biodiesel. A maior intensidade desta cor esverdeada, frente aos demais biodieseis seria um indicativo de maior corrosão sofrida pelo cobre. De fato, a taxa de corrosão do biodiesel de palmiste determinada neste trabalho foi a maior (Figura 5), sendo encontrada a seguinte ordem (decrecente) de corrosividade: palmiste > macaúba ≅ fritura > soja.

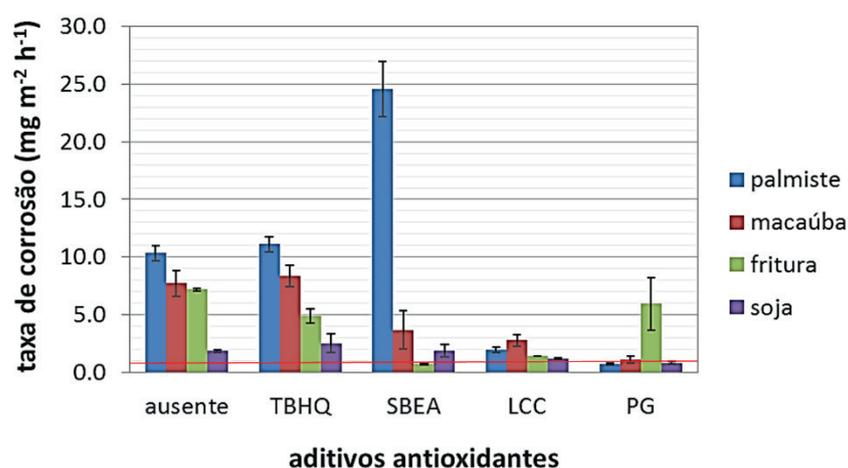


Figura 5. Taxas de corrosão \pm desvio padrão das lâminas de cobre após o ensaio de imersão nos biodieseis sem aditivos e com os aditivos: TBHQ: terc butil hidroquinona; SBEA = N,N-di-sec-butil-p-fenilenodiamina; LCC = líquido da castanha do caju; PG = propil galato. A linha vermelha indica a taxa de corrosão medida para o branco, devido às perdas de massa nos procedimentos de limpeza das placas.

O TBHQ não provocou variações significativas na corrosividade dos biodieseis testados (Figura 5), exceto no de fritura, que diminuiu a taxa de corrosão em 32%.

As amostras de biodiesel que foram avaliadas com o SBEA sofreram forte escurecimento após o ensaio de imersão (Figura 4), produzindo a formação de precipitado preto, o que inviabiliza o seu uso como aditivo, pois poderia provocar a formação de incrustações nos sistemas utilizados no transporte, no armazenamento e de veículos, além de entupir o filtro do motor. Contudo, o SBEA diminuiu as taxas de corrosão com os biodieseis de macaúba e de fritura (Figura 5). No biodiesel de palmiste, ele promoveu forte aumento na taxa de corrosão, o que poderia estar sendo ocasionado por algum sinergismo entre os produtos da corrosão do cobre (que foi a mais alta) com o SBEA. Por outro lado, nos biodieseis de macaúba e de fritura a taxa de corrosão diminuiu em 53% e 90%, respectivamente.

O LCC diminuiu em 81% a taxa de corrosão com os biodieseis de palmiste e de fritura, e em 64% com o de macaúba. Além disso, o LCC levou ao nível do branco a

taxa de corrosão com o biodiesel de soja (Figura 5), demonstrando que este aditivo apresenta ótima ação anticorrosiva. Neste quesito, também se destacou o PG, que diminuiu ao nível do branco as taxas de corrosão com os biodieseis de palmiste, macaúba e soja. Contudo, o PG não exerceu ação anticorrosiva estatisticamente significativa com o biodiesel de fritura (Figura 5).

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

De maneira geral, dentre os aditivos investigados, o galato de propila e o líquido da castanha do caju foram os que apresentaram os melhores resultados na inibição da corrosão metálica provocada pelo biodiesel. Nota-se que, a ação anticorrosiva está sujeita à matéria-prima empregada na produção do biodiesel, podendo um aditivo ser bastante eficiente para certos biodieseis ou, então, exercer efeitos “nulo” ou negativo na diminuição da taxa de corrosão metálica.

REFERÊNCIAS

AQUINO, I. P. **Avaliação da corrosividade do biodiesel por técnicas gravimétricas e eletroquímicas** – Tese (doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

ASTM G1-03: **Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens**. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2003.

BENZAQUEN, T. Dossiê antioxidantes: os antioxidantes. **Food Ingredientes Brasil**, n. 6, p. 16-30, 2009

CHISTI, Y. Biodiesel from microalgae. **Biotechnology advances**, v. 25, n. 3, p. 294-306, 2007.

DE SOUZA, F. S.; SPINELLI, A. Caffeic acid as a green corrosion inhibitor for mild steel. **Corrosion Science**, v. 51, n. 3, p. 642-649, 2009.

DE SOUZA, S. R.; ROCHA Jr.; J. G. **Estudo prévio da influência da matéria-prima e do nível de oxidação do biodiesel na corrosão do cobre**. In: VI Semana de Pesquisa, Tecnologia e Inovação, 2018. Disponível em: < <http://eventos.ufrj.br/raic/#>> Acessado em: 13 de maio de 2019.

DOS REIS, M. D.; GONÇALVES, H. P.; ROCHA Jr.; J. G. **Avaliação de aditivos naturais como inibidores da corrosão provocada pelo biodiesel**. In: 39ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química: Criar e Empreender, 2016 Disponível em: <<http://www.s bq.org.br/39ra/cdrom/resumos/T0191-1.pdf>>. Acessado em: 10 de maio de 2019.

FANTINEL, A. L.; JAHN, S. L.; FLORES, Y. R. Producción y demanda de biodiesel en Brasil: Revisión. **Dirección y Organización**, v. 57, p. 33-41, 2015.

FRAUCHES-SANTOS, C.; ALBUQUERQUE, M. A.; OLIVEIRA, M. C. C.; ECHEVARRIA, A. A Corrosão e os agentes anticorrosivos. **Revista Virtual de Química**, n. 2, v. 6, p. 293-309, 2014.

HASEEB, A. S. M. A.; FAZAL, M. A.; JAHIRUL, M. I.; MASJUKI, H. H. Compatibility of automotive materials in biodiesel: a review. **Fuel**, v. 90, n. 3, p. 922-931, 2011.

KNOTHE, G.; GERPEN, J. V.; KRAHL, J. **Manual de Biodiesel**. Tradução de Luiz Pereira Ramos. São Paulo: Editora Edgard Blücher, Cap.1, 340p. 2006.

MEHER, L. C.; SAGAR, D. V.; NAIK, S. N. Technical aspects of biodiesel production by transesterification – a review. **Renewable Sustainable Energy Reviews**, v. 10, p. 248-268, 2006.

NICZKE, L.; CZECHOWSKI, F.; GAWEL, I. Oxidized rapeseed oil methyl ester as a bitumen flux: Structural changes in the ester during catalytic oxidation. **Progress in organic coatings**, v. 59, n. 4, p. 304-311, 2007.

PULLEN, J.; SAEED, K. An overview of biodiesel oxidation stability. **Renewable Sustainable Energy Reviews**, v. 16, p. 5924-5950, 2012.

ROCHA Jr., J. G.; DOS SANTOS, M. D. R.; MADEIRA, F. B.; ROCHA, S. F. L. S.; BAUERFELDT, G. F.; DA SILVA, W. L. G.; SALOMÃO, A. A.; TUBINO, M. Influence of Fatty Acid Methyl Ester Composition, Acid Value, and Water Content on Metallic Copper Corrosion Caused by Biodiesel. **Journal of the Brazilian Chemical Society** [online]. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.21577/0103-5053.20190078>>. Acessado em 15 de maio de 2019.

SANTOS, L. O. Estudo da atividade anticorrosiva de aditivos antioxidantes em biodiesel produzido a partir de óleo de macaúba (polpa). Monografia (Curso de Graduação em Engenharia Química). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2017.

SINGH, B.; KORSTAD, J.; SHARMA, Y. C. A critical review on corrosion of compression ignition (CI) engine parts by biodiesel and biodiesel blends and its inhibition. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n. 5, p. 3401-3408, 2012.

TSUCHIYA, T.; SHIOTANI, H.; GOTO, S.; SUGIYAMA, G.; MAEDA, A. **Japanese standards for diesel fuel containing 5% FAME: investigation of acid generation in FAME blended diesel fuels and its impact on corrosion**. SAE Technical Paper, 2006.

VARATHARAJAN, K.; CHERALATHAN, M. Effect of aromatic amine antioxidants on NOx emissions from a soybean biodiesel powered DI diesel engine. **Fuel processing Technology**, v. 106, p. 526-532, 2013.

AVALIAÇÃO DO TEOR DE FIBRAS EM IOGURTE SABOR CHOCOLATE ELABORADO COM ADIÇÃO DE BIOMASSA DE BANANA VERDE

Ana Cléia Moreira de Assis Frota

Centro Universitário INTA – UNINTA, Sobral –
Ceará

Márcia Facundo Aragão

Centro Universitário INTA – UNINTA, Sobral –
Ceará

RESUMO: O iogurte é um alimento que é elaborado a partir do leite, sendo obtido pelo processo de fermentação usando uma cultura mista de lactobacilos. É um dos produtos mais consumidos do país, no entanto é pobre em fibras. A banana verde possui elevado teor de fibras e de amido resistente, portanto, a biomassa de banana verde tem sido bastante adicionada em produtos alimentícios com a finalidade de elevar seu teor de fibras. Sendo assim, o presente estudo teve como objetivo elaborar iogurte enriquecido com biomassa de banana verde e avaliar o teor de fibras. Tratou-se de um estudo quantitativo e experimental, no qual foram elaborados, no Laboratório de Técnicas Dietéticas do Centro Universitário INTA – UNINTA, duas formulações de iogurte, sendo um deles sem adição de biomassa de banana verde (A) e o outro com adição de 5% de biomassa de banana verde (B). A determinação do teor de fibras alimentares totais seguiu a metodologia descrita no Instituto Adolfo Lutz (2005). Os resultados obtidos foram submetidos

à estatística descritiva. O iogurte A apresentou 0% de fibras totais, porém no iogurte B o teor de fibras variou de 1,72% a 1,85%. Portanto, a adição de biomassa de banana verde contribuiu para o aumento do valor nutricional do iogurte. **PALAVRAS-CHAVE:** composição química, alimentos, fibras.

EVALUATION OF THE FIBER CONTENT IN CHOCOLATE FLAVORED YOGURT ELABORATE WITH ADDITION OF GREEN BANANA BIOMASS

ABSTRACT: The yogurt is a food that is made from milk, being obtained by the fermentation process using a mixed culture of lactobacilli. It is one of the most consumed products in the country, however it is poor in fiber. Green banana has high fiber content and resistant starch, so green banana biomass has been widely added in food products in order to raise its fiber content. Therefore, the present study aimed to elaborate yoghurt enriched with green banana biomass and to evaluate the fiber content. It was a quantitative and experimental study, in which two formulations of yogurt were elaborated in the Laboratory of Dietetic Techniques of the INTA-UNINTA University Center, one of them being without addition of green banana biomass (A) and the other with addition of 5% green

banana biomass (B). The determination of the total dietary fiber content followed the methodology described in the Adolfo Lutz Institute (2005). The results were submitted to descriptive statistics. Yogurt A presented 0% of total fibers, but in yogurt B the fiber content varied from 1.72% to 1.85%. Therefore, the addition of green banana biomass contributed to the increased nutritional value of yogurt.

KEYWORDS: chemical composition, food, fiber.

1 | INTRODUÇÃO

Os alimentos lácteos possuem grande destaque entre a população, sendo consumido por pessoas de diversas faixas etárias e classes sociais. Essa aceitação ocorre devido estes produtos possuírem grandes benefícios nutricionais, e contribuir na rotina diária, possibilitando aos consumidores rapidez e qualidade na alimentação. Devido à expansão destes alimentos no mercado, a indústria vem buscando desenvolver e ofertar novos produtos que facilite o dia-a-dia da população, buscando suprir as necessidades nutricionais do indivíduo (RIBEIRO *et al.*, 2010).

De acordo com Brasil (2000), o iogurte é um alimento elaborado por meio de processos bioquímicos onde ocorre a fermentação do leite, nos quais utiliza-se uma cultura mista de lactobacilos (*Streptococcus salivarius sub sp. thermophilus* e *Lactobacillus delbruecki sub sp. bulgaricus*). Este alimento possui um elevado valor nutritivo e possui boa aceitação quanto sua qualidade sensorial, sendo possível a adição de outras substâncias que melhorem suas características (LINS *et al.*, 2015).

O iogurte está entre os produtos mais consumidos do país. Pode-se observar um grande avanço no setor tecnológico, com crescente expansão do produto, contribuindo ainda para economia do país. Nesta perspectiva do consumo de alimentos funcionais, a ingestão de alimentos fermentados auxilia na manutenção da homeostasia do organismo, pois contém proteína de alto valor biológico e micro-organismos capazes de promover benefícios à saúde humana (RIBEIRO; ANDREOLLI; MENEZES, 2011).

No entanto, o iogurte é um alimento pobre em fibras, sendo que esta fonte de carboidrato agrega muitos benefícios à saúde. A ingestão de fibras contribui para estabilidade do sistema fisiológico, pois além de propiciar a sensação de saciedade, auxilia na redução de peso, melhora o funcionamento do trato gastrointestinal, contribui no controle de algumas doenças crônicas como diabetes, dislipidemia, reduz os níveis de pressão arterial entre outros (SILVA; JUNIOR; BARBOSA, 2015).

A banana verde possui elevada concentração de sais minerais, flavonoides, quantidades consideráveis de proteínas, elevado teor de fibras, baixas quantidades de açúcar e altas quantidades de amido resistente. O amido resistente presente na banana verde pode ser utilizado como ingrediente em diversas formulações de alimentos, como bolos, pães, biscoitos entre outros. Diante deste contexto, a polpa da banana verde tem sido considerada uma alternativa, contribuindo para um maior

aproveitamento da produção, diminuindo o desperdício e prolongando o tempo de vida útil da banana (RANIERI; DELANI, 2014).

Segundo Oliveira e Curta (2014), a polpa, denominada de biomassa, apresenta características tecnológicas e sensoriais interessantes, de sabor neutro que não interfere sensorialmente nos produtos aos quais irá ser inserida para fazer parte da composição, e ainda contribui com a viscosidade, o que possibilita a substituição de outros ingredientes como espessantes químicos sem valor nutricional.

Portanto assim, este estudo teve como objetivo o desenvolvimento de iogurte com sabor de chocolate com adição de biomassa de banana verde e avaliar o teor de fibras alimentares totais. Este produto, se disponibilizado no mercado alimentício será um produto inovador com potencial funcional, uma vez que irá agregar as propriedades nutritivas do iogurte as propriedades funcionais da biomassa ao produto elaborado.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Tipo e local do estudo

Tratou-se de um estudo quantitativo e experimental (MARCONE; LAKATOS, 2003), no qual foram elaborados, duas formulações de iogurte, no qual deles não foi adicionado biomassa (A) e outro com adição de 5% de biomassa de banana verde. A biomassa de banana verde, bem como os iogurtes foram elaborados no Laboratório de Técnicas Dietéticas e o teor de fibra foi determinado no Laboratório de Bromatologia, ambos localizados no Centro Universitário INTA – UNINTA.

2.2 Elaboração da biomassa de banana verde

A biomassa da banana verde foi obtida da polpa da banana da cultivar Prata provenientes do comércio varejista de Sobral Ceará. As bananas foram transportadas até o laboratório de Técnicas Dietéticas do Centro Universitário – INTA – UNINTA em caixas isotérmicas em temperatura ambiente para evitar possível degradação dos componentes desse insumo. Ao chegar ao laboratório, as bananas foram pesadas e lavadas com água corrente, imersas em água clorada a 150 ppm por 15 minutos.

Em seguida, as bananas foram cozidas em panela de pressão por 10 minutos. Ao término do cozimento as bananas foram descascadas e as polpas colocadas em um liquidificador industrial e trituradas até ser obtida a biomassa (VALLE; CAMARGOS, 2004). A biomassa foi acondicionada em embalagem de polietileno hermeticamente fechada e armazenado sob refrigeração por um período máximo 24 horas, tempo que antecedeu a formulação das amostras.

2.3 Formulação do iogurte

Foram desenvolvidas duas formulações de iogurte (Tabela 1), sendo uma controle (A) e a outra com adição de 5% de biomassa de banana verde (B).

Amostras	Leite integral UHT (mL)	Leite em pó integral (%)*	Açúcar (%)*	Iogurte Natural (%)*	Biomassa de banana (%)*	Cacau em pó (%)*
A	2.000	2	8	2	-	0,5
B	2.000	2	8	2	5	0,5

Tabela 3- Formulação de iogurte sem e com adição de 5%, 10% e 15% de biomassa de banana verde.

*Em relação ao volume de leite integral UHT

O processamento das formulações seguiu o fluxograma proposto por Pereda *et al.* (2005) (Figura 1).

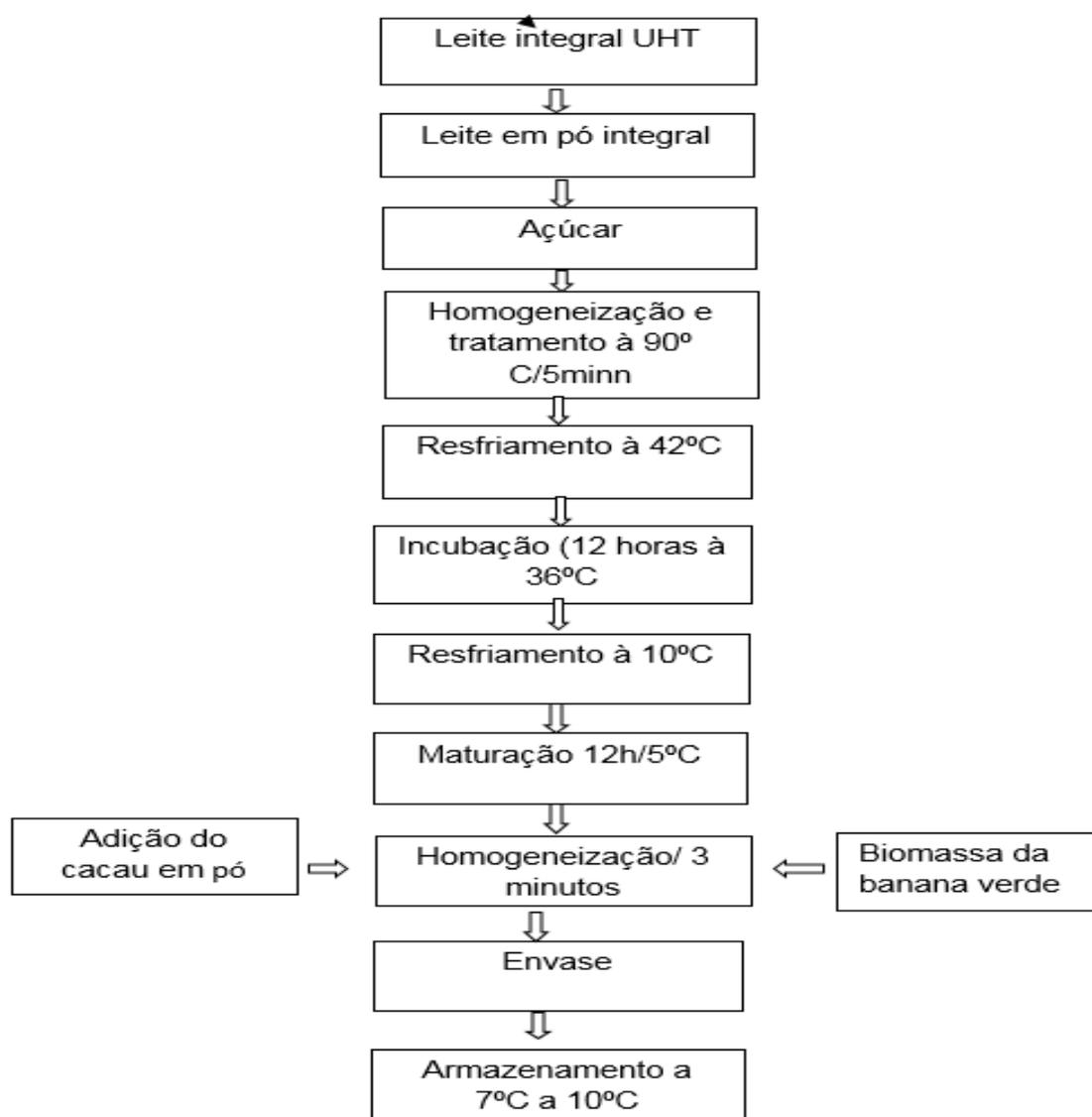


Figura 1- Fluxograma de elaboração dos iogurtes.

Fonte: Adaptado PEREDA *et al.* (2005)

2.4 Determinação do teor de fibras e avaliação estatística

A determinação do teor de fibras alimentares totais seguiu a metodologia descrita no Instituto Adolfo Lutz (2005). Os resultados obtidos foram submetidos à estatística descritiva utilizando o software Excel® (2007).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A amostra A (sem adição de biomassa de banana), apresentou 0% de fibras, o que já esperado, pois se sabe que a composição química mais habitual dos iogurtes não possui fibras. Em estudo realizado por Pacheco et al. (2015), os quais avaliaram o teor de fibras em diferentes marcas de iogurtes tradicionais e reportaram que os valores se situaram entre 0,03% e 0,30%, este estudo reforça que iogurtes tradicionais não são fontes de fibras.

No entanto, a Amostra B (com adição de 5% de biomassa de banana verde) a variação do teor de fibras foi de 1,72% a 1,85%, sendo, portanto, classificados como iogurtes com fonte de fibras, de acordo com a legislação de rotulagem nutricional complementar vigente. Comprovando que a biomassa de banana verde representa uma alternativa promissora para ser inserida na formulação de iogurtes. Pois segundo Carmo (2015) a biomassa de banana verde apresenta excelente propriedade espessante, por ser desprovida de sabor, pode ser adicionada à vários alimentos sem proporcionar alteração de sabor, além de melhorar o valor nutricional do produto, uma vez que a biomassa de banana verde é fonte de vitamina A,C, e Complexo B (B1, B2, niacina) minerais K, P, Ca, Mg, S, N, Cu, Mn, Zn, Fe e fibras.

4 | CONCLUSÃO

A adição de biomassa de banana verde contribuiu para aumento do valor nutricional do iogurte elaborado, o que o tornou um alimento fonte de fibra, propriedade que foi atribuída à adição da biomassa de banana verde na formulação do produto alimentício. Portanto, o iogurte enriquecido com biomassa de banana verde apresenta-se como um produto inovador, que pode contribuir para melhorar a qualidade de vida de seus consumidores.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Resolução n.5, de 13 de novembro de 2000. A Secretária de Defesa Agropecuária, Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal – DIPOA – determina a entrada em vigor dos “padrões de identidade e qualidade de leites fermentados”. **Diário Oficial da União**, Brasília, 02 jan. 2001. Seção I, p. 19 – 22. [Republicado nesta por ter saído com incorreção no original, DOU de 27/11/2000. Seção I, p. 9 – 12].

CARMO, A.F; **Propriedades funcionais da biomassa e farinha de banana verde**, SÃO PAULO, 2015. P.85. Trabalho de conclusão de curso Engenharia Bioquímica, Escola de Engenharia de Lorena Universidade de São Paulo, p.15-31, 2015.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ- Normas Analíticas; Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos. 4ª ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2005. 1032p.

LINS, F. A. *et al*, Impacto sob a aceitação sensorial de iogurtes enriquecidos com polpa de maracujá adoçados com açúcar e com mel. **Revista AGROTEC**, v. 36,2015.

MARCONI, M.A, LAKATOS, E.M; **Fundamentos de Metodologia Científica**; 5ª edição, São Paulo: ATLAS S.A, 2003.

OLIVEIRA. A.; CURTA, C.C, **Cookie Isento De Glúten Obtido Com Biomassa e Farinha de Banana (*Musa Paradisiaca*) Verde**. 2014. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação de Tecnologia em Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2014.

RANIERI, L.M, DELANI, T.C; GREEN BANANA (*MUSA SPP*): GETTING THE BIOMASS AND PHYSIOLOGICAL ACTIONS OF RESISTANT **STARCH**, **Revista UNINGÁ Review**, Vol.20, n.3, pp.43-49, Paraná, 2014.

RIBEIRO, M. M *et al*, Estudo de mercado de iogurte da cidade de Belo Horizonte/MG, **Revista Ceres**, v. 57, n.2, p. 151-156, Viçosa, 2010.

RIBEIRO, A.M, ANDREOLLI, E.F, MENEZES, **ELABORAÇÃO DE IOGURTE DE CHOCOLATE COM MENTA**, 2011, p. 126. Trabalho de conclusão de curso Tecnólogo em Alimentos Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira, 2011.

PACHECO, H. F. B. ET AL. Centesimal composition of traditional yoghurts and drinking yoghurts: inconsistency with the descriptions on the labels. **Revista Adolfo Lutz**, n.74, v.4, p. 380 – 389, 2015.

PEREDA, J. A. O. *et al*. **Tecnologia de alimentos: alimentos de origem animal**. Porto Alegre, RS: Artmed, 2005. 279 p.

SILVA, A. A; JUNIOR, J. L.; BARBOSA, M.I; Farinha de banana verde como ingrediente funcional em produtos alimentícios. **Ciência Rural, Santa Maria**, v.45, n.12, p.2252-2258, 2015.

VALLE, H. F.; CAMARGOS, M. Y; **Nós temos banana**. São Paulo: Editora Senac, 2004.

DIAGNÓSTICO DAS PERDAS DE MATERIAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Daniel Ramos de Souza

Universidade de Gurupi – UNIRG
Gurupi-Tocantins

Maycon Mickael Ribeiro Vasconcelos

Universidade de Gurupi – UNIRG
Gurupi-Tocantins

Evandro Schmitt

Prof. Esp. Universidade de Gurupi – UNIRG
Gurupi-Tocantins

Írismar da Silva Genuíno

Universidade de Gurupi – UNIRG
Gurupi-Tocantins

RESUMO: O artigo apresenta os principais indicadores de perda de materiais na indústria da construção civil, dando ênfase aos dados e fórmulas científicas o qual tornam obras da construção civil viáveis, com dados mais próximos do resultado final, uma vez que essas metodologias levam em consideração os diversos fatores que influenciam na determinação de orçamentos. Os principais índices representam informações quantitativas, o qual determina o valor real a ser custeado na sua totalidade, de maneira a garantir dados mais próximos dos que serão trabalhados na prática do canteiro de obras. Uma vez que metodologias são adotadas para trazer esses benefícios, torna-se a logística do canteiro mais

estável. O detalhamento de todo processo de desenvolvimento é de suma importância para identificar onde a falha, caso as mesmas sejam apresentadas, devem ser sanadas de forma clara, eficaz e direta. Os dados e números já devem ser trabalhados no planejamento, trabalhando de forma preventiva para que não haja patologia processual. Desta maneira se faz notório a importância e eficácia de se trabalhar com dados coesos e o mais próximos da realidade, assim reduzindo perdas que acarretam em custos a construção.

PALAVRAS-CHAVE: Perdas, Diagnóstico, Insumos e Construção Civil.

DIAGNOSIS OF LOSS OF MATERIALS IN CIVIL CONSTRUCTION

ABSTRACT: This article presents the main indicators of material loss in the construction industry, emphasizing the data and scientific formulas that make viable construction works, with data closer to the final result, since these methodologies take into account the various factors that influence the determination of budgets. The main indexes represent quantitative information, which determines the real value to be fully funded, of wood to guarantee data that are closer to those that will be worked on in the construction site. Once methodologies are

adopted to bring these benefits, it becomes the logistics of the construction site more stable. The detailing of the entire development process is of paramount importance in order to identify where the failure, if it is presented, should be remedied in a clear, effective and direct manner. The data and numbers should already be worked on in the planning, working in a preventive way so that there is no procedural pathology. In this way the importance and effectiveness of working with cohesive data and the one closest to reality is well known, thus reducing losses that lead to costs in construction.

KEYWORDS: Losses, Diagnosis, Inputs and Civil Construction.

1 | INTRODUÇÃO

Segundo Souza (2005), os indicadores que são percorridos durante o livro, representam informações quantitativas ou qualitativas que medem e avaliam o comportamento de diferentes aspectos do objeto do estudo. O levantamento desses indicadores cria um sistema de informações que pode ser bastante útil para ajudar na tomada de decisões, já que serão baseados em dados oficiais.

Anterior a discussão dos índices de perdas e metodologias para calcular os consumos de materiais, é necessário que se estabeleça o desenvolvimento do empreendimento. Nesse âmbito, convém inicialmente observar que o consumo excessivo de materiais pode ocorrer em diferentes fases do empreendimento. (AGOPYAN, 2008).

É sabido que uma quantidade muito grande de insumos, entregue por fornecedores nos canteiros das obras, não é utilizada para fins que motivaram sua aquisição e que, em função disso, os edificadores normalmente custeiam mais materiais em relação ao que foi previamente estimado. Estas discrepâncias, até hoje muito pouco estudadas no Brasil, são definidas como perdas. (SOIBELMAN, 1993).

Muitas perdas originaram-se fora dos canteiros de obras, nas etapas que anteriores a produção, isso se dá principalmente por projetos mal elaboradas, que pode se dar por diversas formas. As deficiências nas especificações e no detalhamento e, principalmente, a falta de coordenação entre todos os setores, onde não há uma uniformização na produção, são causas mais frequentes de perdas de materiais. As quebras de tijolos causadas pela falta de meios-tijolos é um exemplo de problema gerado no setor de suprimentos.

Da mesma forma que no estudo de Skoyles (1987), houve indicações de que a ocorrência de perdas no canteiro ocorre com mais intensidade durante a armazenagem e o manuseio dos materiais do que durante a produção propriamente dita.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

Os métodos aplicados no artigo estão listados abaixo;

a) Pesquisa Bibliográfica se deu a partir da busca sobre o tema escolhido para o artigo, a grande quantidade de material que aborda o tema principalmente artigos na internet, voltadas somente ao assunto em específico, a partir das buscas desses materiais se iniciou a pesquisa, baseando-se principalmente no livro “Como Reduzir perdas nos canteiros - Manual de Gestão do Consumo de Materiais na Construção Civil” de Ubiraci Espinelli Lemes de Souza

b) Durante o período de Maio de 2018, desenvolvendo o artigo por meios de busca de livros como “Como Aumentar a Eficiência da Mão de obra” que segue uma linhagem parecida e linguagem de fácil e que situa a pesquisa no meio da eficiência em todos âmbitos na construção civil. Sites como Fórum da Construção civil apresenta alternativas para a eficiência na construção civil, sendo um tema abordado com diversas vertentes.

c) A vertente de perda de materiais dentro da Construção Civil é bem abordada em livros e demais periódicos, até mesmo pela importância dos fatores econômicos em uma obra. Muitos mitos dizem que após um orçamento de obra, deve-se dobrar o valor e assim terá um número real do custo; esse pensamento é contrariado uma vez que os cálculos de custos são feitos por profissionais da área, capacitados para tal. As perdas são um passo fundamental para a determinação desses parâmetros, portanto, livros, revistas, sites científicos a cada ano que passa lançam mais dados a disposição de todos, afim de atualizar quanto as principais propriedades que devem ser levadas em consideração na obras, e um desses dados são os números de perdas de cada materiais, isso se dá até mesmo pela rotação de produtos que são apresentados a construção civil a cada ciclo.

d) A perda de materiais na construção civil não se delimita em tempo, pois os dados são frequentemente atualizações com novas informações e metodologias que vêm sendo aplicadas para redução da perda desses insumos, o qual o mercado busca metodologias para sua redução, assim a pesquisa se torna ampla com agregações de todo conteúdo encontrado. Em sua maioria o material está em linguagem de fácil entendimento a todo o público, os dados e livros por se encontrarem facilmente em bibliotecas universitárias são oferecidos de forma gratuita.

e) O artigo não se faz necessário ser submetido ao comitê de ética em pesquisa, conforme a resolução 196/96, já que as exigências são para pesquisas envolvendo seres humanos, a pesquisa desenvolvida no artigo é de caráter que não se faz necessário submeter ao comitê.

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

O nosso país sempre deu enfoque as perdas materiais em todos os ramos; na construção civil assim como nos outros setores o desperdício cada vez mais vem sendo abordado a fim de obter uma série de vantagens,

A classificação de perdas segunda a sua natureza foi defendida a partiu do

conceito das sete perdas de Shingo (1981) o qual ele cita as perdas por superprodução, Perdas por substituição, Perdas por espera, Perdas no Procedimento, Perdas no Transporte, Perdas no Estoque, Perdas no Movimento e Perdas na Elaboração de produtos defeituosos adaptando-o para a construção civil. Desta maneira pode-se descrever:

(a) Perdas por superprodução: Está diretamente ligadas a fabricação de materiais de maneira desordenadas, sem um acompanhamento, planejamento e erros na execução. Essas perdas são reparáveis uma vez que ainda na fase de planejamento e elaboração do memorial descritivo de construção, já se determina todos os valores fixos dos materiais usados em cada fase da obra.



Imagem 1 – Perdas na Superprodução

Fonte: <http://engenheirosdoamanha.blogspot.com.br>

(b) Perdas por substituição: Decorre principalmente pela ausência de comunicação entre os responsáveis pela elaboração do projeto e o responsável técnico pela execução do mesmo. Desta maneira pode haver divergência quanto ao que foi solicitado, e uma vez havendo vistorias na obra, as especificações não serão atendidas, sendo assim que haverá de ter a substituição do material já usado. Os cálculos de dimensionamentos devem ser bem projetos para atender toda demanda do empreendimento, e esses valores devem ser repassados com eficiência para o responsável técnico da execução.

(c) Perdas por espera: A espera pode ocasionar em perdas que podem envolver tanto perdas de mão de obra quanto de equipamentos, como, por exemplo, paradas nos serviços por falta de material ou equipamentos para execução do serviço, desta maneira a construção ficará parada gerando custos. O cronograma, caminho crítico da obra deve ser elaborado de maneira clara e coesa, para quando for colocado em prática, o mesmo atenda toda a demanda da obra.



Imagem 2 – Perdas na Espera

Fonte: www.mobussconstrucao.com.br

(d) Perdas por transporte: muito comum e frequência essa perda, até mesmo por ser bem visível em muitas atividades, essa perda, assim como as demais, pode gerar grandes índices de perdas. A maneira mais eficaz para evitar esse tipo de perda, está justamente no acompanhamento das atividades, no mais simples que ela seja, um cheque-list é sempre indicado em obras onde a rotação de transportes, as verificações devem ser feitas antes do transporte, para assim precaver de dados materiais.

(e) Perdas no processamento em si: Decorrem da falta de procedimentos padronizados onde não há um gerenciamento do trabalho, desta maneira o trabalho sendo executado sem uma direção, cada colaborador trabalhando de sua maneira, o procedimento vai se perdendo ao decorrer da produção, sendo assim as perdas no rendimento vão sendo notadas e caso não haja uma reparação por parte de uma gerenciamento coeso, pode levar ao caos após um determinado tempo.

(f) Perdas nos estoques: Decorrem principalmente da falta de cuidados no armazenamento dos materiais. Podem resultar tanto em perdas de materiais quanto de capital, como por exemplo: custo financeiro dos estoques. Em todos canteiros de obra se deve comportar uma almoxarifado o qual tem colaboradores responsável somente para sua organização, pois desta maneira facilita para um andamento e controle de qualidade.

(g) Perdas no movimento: Podem ser geradas por frentes de trabalho afastadas e de difícil acesso, falta de estudo de layout do canteiro e do posto de trabalho, falta de equipamentos adequados, etc. Durante a elaboração do projeto, o mesmo já deve ser idealizado visando desde a sua construção até a manutenção. É importante que os colaboradores assim que adentram a empresa tenham conhecimento de todos departamentos e como se comporta o canteiro, para que assim haja uma movimentação rápida e eficaz, durante toda execução.

(h) Perdas pela elaboração de produtos defeituosos: Geralmente, originam-se da ausência de integração entre o projeto e a execução. Essa ausência de conversa entre os projetos básico e o memorial descritivo, pode gerar uma serie de perdas, sendo uma dessas na elaboração de produtos o qual não tem detalhamento claro e

pode ocorrer em que esses produtos sejam executados de maneira errada, gerando assim uma perda que poderia ser evitada com a integração dos projetos ainda na fase de sua elaboração.

O artigo também dá enfoque ao diagnóstico das perdas materiais no canteiro de obra assim como a importância dos dados para trabalhar com uma margem de erro baixa, sem abrir espaços para variações, essas ideias foram abordadas e defendidas por Souza (2005), como a padronização de linguagem e de procedimentos, para se realizar e se expressar a avaliação das perdas de materiais, é desejável. E a utilização de indicadores a fim de favorecer a discussão objetiva das perdas de materiais nos canteiros de obras.

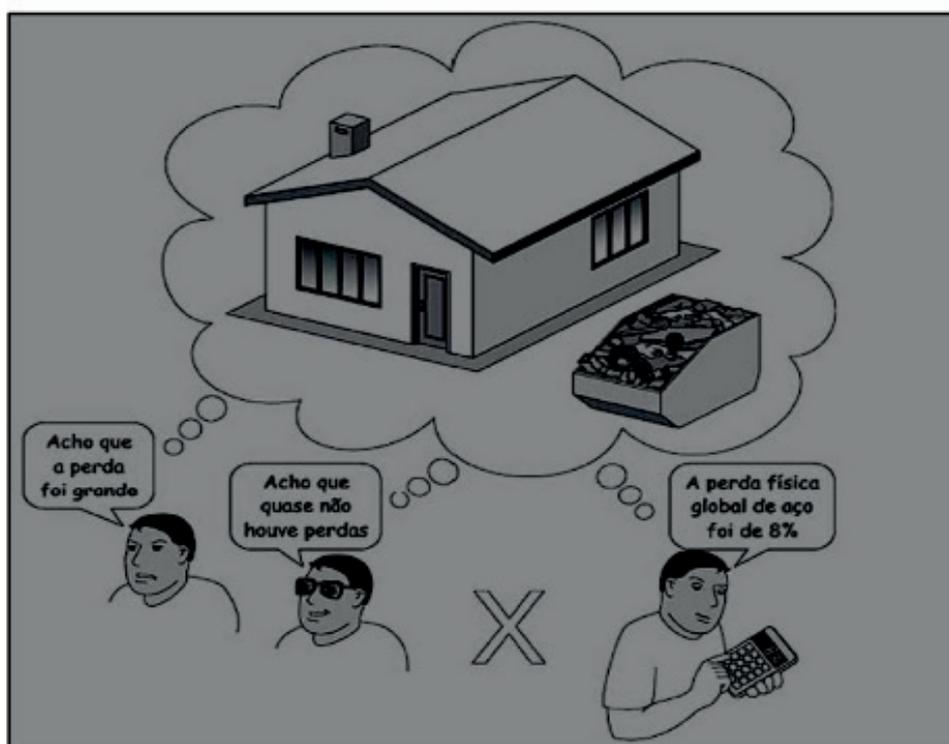


Figura 1. O uso de indicadores evitando as divergências relativas a avaliações subjetivas Fonte: Souza, p.45 (2005)

Os índices representam informações quantitativas quando são mensuráveis ou qualitativas quando não mensuráveis através de dados fixos, uma vez que sua quantidade é indeterminada mais o seu “valor”, seja quantitativo ou qualitativo medem e avaliam o comportamento de diferentes aspectos do objeto do estudo. Seu levantamento cria um sistema de informações que pode ser bastante útil para ajudar na tomada de decisões, pois embora os indicadores possam ser quantitativos ou qualitativos. (SOUZA, 2005).

Para Souza (2005), o mesmo procura ilustrar a ideia de ter-se dois grandes conjuntos de informações proporcionáveis pelos indicadores: um relativo à mensuração (ou quantificação) das perdas; e outro dizendo respeito às razões (ou à explicação) para sua ocorrência.

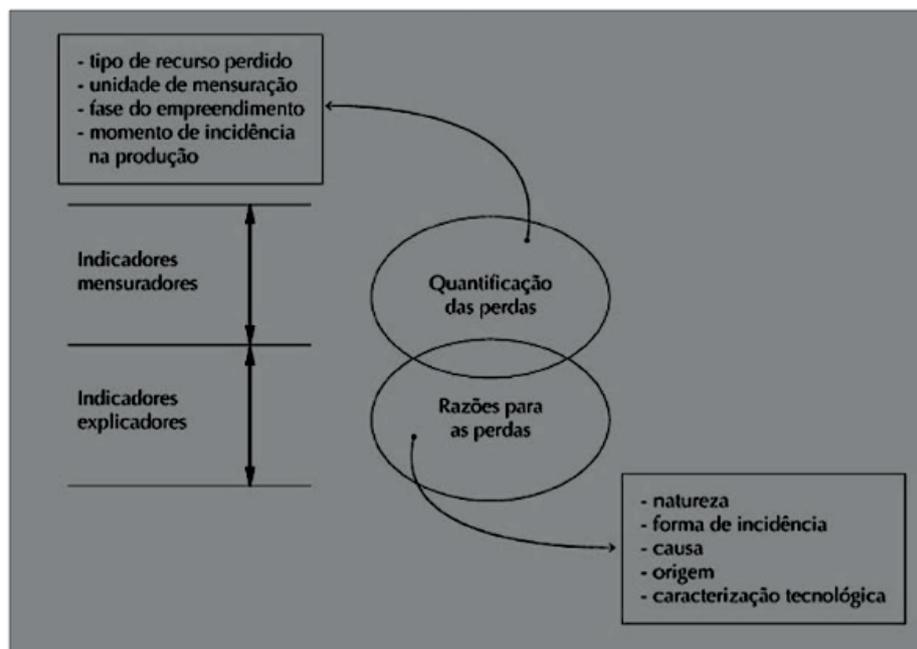


Figura 2. Indicadores para quantificar as perdas e as razões para sua ocorrência.

Fonte: Souza, p.46 (2005)

Seguindo a linha de raciocínio da figura 2 os indicadores em suas extremidades se diferenciam por quantitativo, no caso o conjunto da Quantificação das perdas, e os indicadores qualitativos, no caso o conjunto das Razões para as Perdas. No âmbito quantitativo se trabalha com números exatos como o tipo de recurso perdido e fases do empreendimento que deve ser bem definido já no âmbito qualitativo o destaque se dar a partir de mensurações explicativas como a causa, origem e natureza para a quantificação das perdas.

Quando se dá destaque às perdas em todos os âmbitos, dando ênfase na fase de desenvolvimento da obra, associadas ao suprimento de materiais, pode-se analisar na vertente da eficiência no uso dos recursos físicos ou dos recursos financeiros demandados.

Os indicadores parciais de perdas podem ser bastante úteis na localização da parte do processo de produção mais susceptível às mesmas e que, portanto, deveria receber um tratamento especial no seu combate. É importante salientar que, embora desejável, nem sempre é possível dispor-se de todos os indicadores parciais; na medida em que se levantar muitos indicadores pode não ser uma tarefa fácil, muitas vezes utilizam-se o indicador global e um ou outro parcial (se possível, os associados às etapas onde se imagina estarem os maiores problemas) para subsidiar as decisões relativas à melhoria da eficiência do processo global..(2005, p.49).



Imagem 6 – Canteiro de Obra

Fonte: <http://blogpraconstruir.com.br>

Conforme citado o detalhamento de todo processo é de suma importância para identificar onde a falha, caso ocorra, foi apresentada e dessa maneira conhecer e sanar de forma clara, eficaz e direta a patologia processual, mesmo que alguns indicadores não sendo possível ser apresentado, outros dados próximos do problema podem ser levantados de forma paralela para uma melhor visão.

Quanto mais organizado e redirecionado o canteiro de obra, menor será os índices de perda em todos âmbitos, desta maneira o projeto deve ser muito bem estabelecidos e estudado antes mesmo da implantação para reduzir ao máximo os imprevistos, muito comum nas fases de obra.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que, o detalhamento de todo processo é de suma importância para identificar onde a falha, caso ocorra, foi apresentada e dessa fica de fácil visibilidade para que se possa conhecer e sanar de forma clara, eficaz e direta a patologia processual, mesmo que alguns indicadores não sendo possível serem mensurados, outros dados próximos do problema podem ser levantados de forma paralela para uma melhor visão.

Todo levantamento auxilia para se ter dados exatos dos insumos e as respectivas perdas, isso é de fundamental importância para que possa amenizar e até mesmo sanar de forma preventiva os previsíveis problemas a serem encontrados.

Entretanto, os dados sobre perdas de materiais disponíveis indicam que as

mesmas são bastante elevadas, existindo uma grande variabilidade nos indicadores de perdas de diferentes obras. Considerando que uma grande parcela das perdas são previsíveis e evitáveis através de medidas de prevenção relativamente simples, é importante que o setor mobilize-se também no sentido de reduzir as perdas existentes, através da introdução de novos métodos e filosofias de gestão.

REFERÊNCIAS

AGOPYAN, V.; et al; **Alternativas para redução do desperdício de materiais nos canteiros de obra; Coletânea Habitare** – vol.2 – Inovação, gestão da qualidade & produtividade e disseminação do conhecimento na construção habitacional; 2000.

SOIBELMAN, L.; **As perdas de materiais na construção de edificações: sua incidência e seu controle**; 1993; Porto Alegre.

SOUZA, U. B. L. et al. **Como reduzir perdas no canteiros de obras: Manual de gestão do consumo de materiais na construção civil**. v.1. p 45-61, 2005.

SHINGO, S. **A study of Toyota production system from an industrial engineering viewpoint**. Toquio, Japan Management Association, 1981.

SOIBELMAN, L. **As perdas de materiais na construção de edificações: sua incidência e seu controle**. Porto Alegre, UFRGS, Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, 1993. Dissertação de mestrado.

SKOYLES, E.F. & SKOYLES, J.R. Waste prevention on site. London, Mitchell, 1987.

ESTUDO DE AQUECIMENTOS NOTURNOS SIMULTANEAMENTE À DIMINUIÇÃO DA UMIDADE SOBRE A CIDADE DO RIO DE JANEIRO

Hana Carolina Vieira da Silveira

Universidade Federal do Rio de Janeiro,
Departamento de Meteorologia
Rio de Janeiro – RJ

Ana Cristina Pinto de Almeida Palmeira

Universidade Federal do Rio de Janeiro,
Departamento de Meteorologia
Rio de Janeiro – RJ

RESUMO: O ciclo diurno de temperatura costuma ser caracterizado de forma que as temperaturas mais baixas e mais altas podem ser observadas no início da manhã e a tarde, respectivamente. Entretanto, algumas perturbações na atmosfera podem alterar esse ciclo, como por exemplo, a passagem de sistemas frontais. Porém, além dos fenômenos meteorológicos mais convencionais, têm-se o *Heat Burst* (HB), que é caracterizado pelo aumento repentino da temperatura do ar simultaneamente à diminuição da umidade. Além disso, o HB é de natureza noturna e está associado com a dissipação de tempestades podendo ocorrer em intervalos de 20, 15 e até mesmo 10 minutos, entretanto, a média é de 72 minutos. Desta forma, este trabalho buscou avaliar a ocorrência de aquecimentos simultaneamente à diminuição da umidade, durante o período de 18:15 às 05:45. Para tal, a estação meteorológica de São Cristóvão da

rede AlertaRio foi utilizada por apresentar o maior período de dados disponíveis além de ter saídas a cada 15 minutos, em um período compreendido entre os anos de 2002 e 2016, totalizando 15 anos. O estudo da frequência de ocorrência de aquecimentos anômalos mostrou-se de forma não tão rara, embora nem sempre intensa. Isso sugere que, de acordo com a literatura, este fenômeno é altamente dependente de cada localização geográfica, não possuindo fronteiras fixas de taxas de aquecimento.

PALAVRAS-CHAVE: Aquecimento noturno; *Heat Burst*, Rio de Janeiro

STUDY OF NOCTURNAL HEATING SIMULTANEOUSLY TO THE DECREASE OF HUMIDITY ON THE CITY OF RIO DE JANEIRO

ABSTRACT: The daytime cycle of temperature is usually characterized so that the lowest and highest temperatures can be observed in the early morning and afternoon, respectively. However, some disturbances in the atmosphere can change this cycle, for example, the passage of frontal systems. However, besides the more conventional meteorological phenomena, there is the Heat Burst (HB), which is characterized by the sudden increase of the air temperature

simultaneously with the decrease of the humidity. In addition, HB is nocturnal in nature, associated with storm dissipation and can occur at intervals of 20, 15 and even 10 minutes meanwhile, the average is 72 minutes. In this way, this work sought to evaluate the occurrence of warm-ups simultaneously with the decrease of humidity, during the period from 18:15 to 05:45. To this end, the São Cristóvão meteorological station of the AlertaRio network was used to present the largest period of available data and to have departures every 15 minutes, in a period between 2022 and 2016, totaling 15 years. The study of the frequency of occurrence of anomalous heats was not so rare, although not always intense. This suggests that, according to the literature, this phenomenon is highly dependent on each geographic location, not having fixed boundaries of heating rates.

KEYWORDS: Night heating; *Heat Burst*; Rio de Janeiro

1 | INTRODUÇÃO

O município do Rio de Janeiro - RJ é localizado na Região Sudeste do Brasil, limitado ao sul pelo oceano Atlântico, pela baía de Guanabara a leste, pela baía de Sepetiba a oeste e pelo maciço do Mendanha a norte. Além deste, tem-se ainda o maciço da Tijuca e o da Pedra Branca como características importantes.

Sabe-se que o ciclo diurno de temperatura se comporta de tal maneira onde as mínimas temperaturas ocorrem ao amanhecer e as máximas durante a tarde, obedecendo ao ciclo diurno imposto pelo balanço da radiação solar, sob condições sem nuvens e sem a atuação de sistemas sinóticos transientes. A atuação de alguns sistemas atmosféricos pode perturbar esse ciclo como, por exemplo, a passagem de sistemas frontais. O aquecimento pré frontal se dá devido à mudança da direção do vento de NE para NW, e que, seguindo do giro de NW para SW/SE há uma diminuição da temperatura do ar devido a chegada da massa de ar frio.

Dametto e Rocha (2005) realizaram um estudo das características climáticas dos sistemas frontais na cidade de São Paulo, também na região Sudeste, e encontraram que o aquecimento pré-frontal médio para o verão é de 0,5 °C enquanto que para o inverno é de 0,8 °C. Ainda que sejam cidades distintas, por estarem na mesma região, espera-se alguma semelhança na escala para o Rio de Janeiro, uma vez que se trata de taxas de aquecimento devido a um sistema sinótico e não para valores absolutos.

Além da frente fria, um fenômeno meteorológico conhecido como *Heat Burst* (HB) que causa um súbito aumento da temperatura do ar, com simultânea diminuição da umidade relativa, com ocorrência tipicamente noturna, também poderia alterar o ciclo diurno médio de temperatura.

Por tratar-se de um fenômeno ainda pouco estudado, principalmente no Brasil, este trabalho tem o objetivo inicial de quantificar a frequência de aquecimentos noturnos com a diminuição da umidade, características principais do *Heat Burst*,

para que futuramente seja possível uma climatologia do fenômeno propriamente dito.

2 | O HEAT BURST

O *Heat Burst* (HB) é definido pela Sociedade Americana de Meteorologia como um localizado e repentino aumento da temperatura em superfície, associado à tempestades ou sistemas convectivos de mesoescala (SCM) frequentemente acompanhado pela diminuição da umidade. O aumento da temperatura pode ser tão extremo que algumas vezes é referido como um “*hot blast of air*” ou como uma explosão de ar quente, em tradução livre. Além disso, ocorre em associação à precipitação devido às correntes descendentes que penetram a camada estável superficial atingindo a superfície.

O HB também é definido pela *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) como um fenômeno meteorológico no qual o ar em subsidência de uma tempestade em dissipação causa um rápido aumento da temperatura e fortes ventos em linha reta próximo à superfície. Ainda segundo a NOAA, quatro fatores são característicos de *Heat Burst*: (1) a ocorrência noturna, (2) a dissipação de tempestades, (3) uma camada profunda de ar muito seco e (4) uma inversão térmica próxima a superfície.

Johnson (1983) propôs uma sequência que antecede o desenvolvimento do HB: (1) A chuva de uma nuvem precipita em uma camada muito seca e ao evaporar, resfria uma pequena região do ar, gerando uma parcela de ar mais fria e densa do que a vizinhança. (2) No primeiro momento, a parcela subsidia adiabaticamente úmida até que as gotas evaporem completamente, quando então, a subsidência seguirá pela adiabática seca. Nesse processo, a parcela permanece mais fria que o ambiente, até que encontra (3) uma camada de inversão térmica próxima a superfície. Assim, com correntes descendentes significativas, o ar em subsidência continua a descer passando do nível de equilíbrio e atingindo a superfície. Dessa forma, a parcela encontra-se mais quente do que o entorno. Assim, Johnson (1983) descreveu o *Heat Burst* como um *downburst* ou *microburst* que penetra a camada abaixo da inversão térmica (McPherson et al., 2011) (Figura 1).

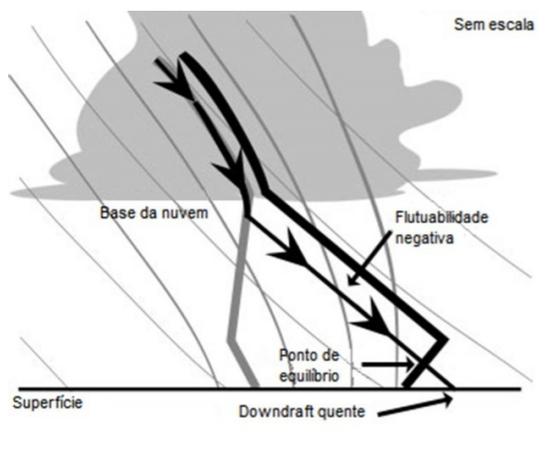


Figura 1: Ilustração de um microburst que produz *Heat Burst* em superfície. A linha grossa preta representa o perfil de temperatura do ambiente; a linha grossa cinza representa o perfil de T_d ; a linha clara cinza representa a adiabática seca; a linha média cinza representa a adiabática saturada; e a linha com flechas representa a dinâmica da corrente descendente. Fonte: Adaptada de McPherson et al., 2011.

3 | DADOS E METODOLOGIA

A estação meteorológica de São Cristóvão da rede AlertaRio foi selecionada por apresentar o maior período de dados, permitindo um período de 15 anos compreendidos entre 2002 e 2016 com saídas a cada 15 minutos. A estação foi instalada no ano de 2000, mas somente a partir de 2002 apresentou consistência nos dados. Ela está situada na Rua Campo de São Cristóvão, 268 na Zona Norte do município a 25m de altitude.

Utilizou-se a temperatura do ar em graus Celsius e umidade relativa em porcentagem. O ideal seria utilizar a temperatura do ponto de orvalho, entretanto somente a umidade relativa é disponibilizada. Ainda que essa variável meteorológica seja uma resposta direta da temperatura, essa condição se fez necessária, pois o número de eventos sem essa imposição foi consideravelmente maior.

O estudo foi restringido ao período noturno por ser o período de ocorrência dos HBs (Johnson, 1983 e McPherson *et al.*, 2011), sendo assim, o intervalo é desde 18:15 às 05:45 hora local.

4 | RESULTADOS

Uma primeira análise foi feita para buscar os padrões de ocorrência dos aquecimentos noturnos e, como resultado, obteve-se 17.769 eventos onde a temperatura aumentou com diminuição da umidade relativa no mesmo momento. O aquecimento variou entre 0,1 e 4,2 °C, valores significativos para intervalos de 15 minutos. Cerca de 94% dos eventos ocorreram quando o aquecimento foi de até 0,5 °C, e cerca de 6% ocorreram quando o aquecimento foi maior que 0,5 °C. Dessa forma, os resultados foram separados em dois grupos: Q94% que agrupam

os eventos de 0,1 a 0,5 °C com 16.635 eventos e, o Q06% os maiores que 0,5 °C com 1.134 casos.

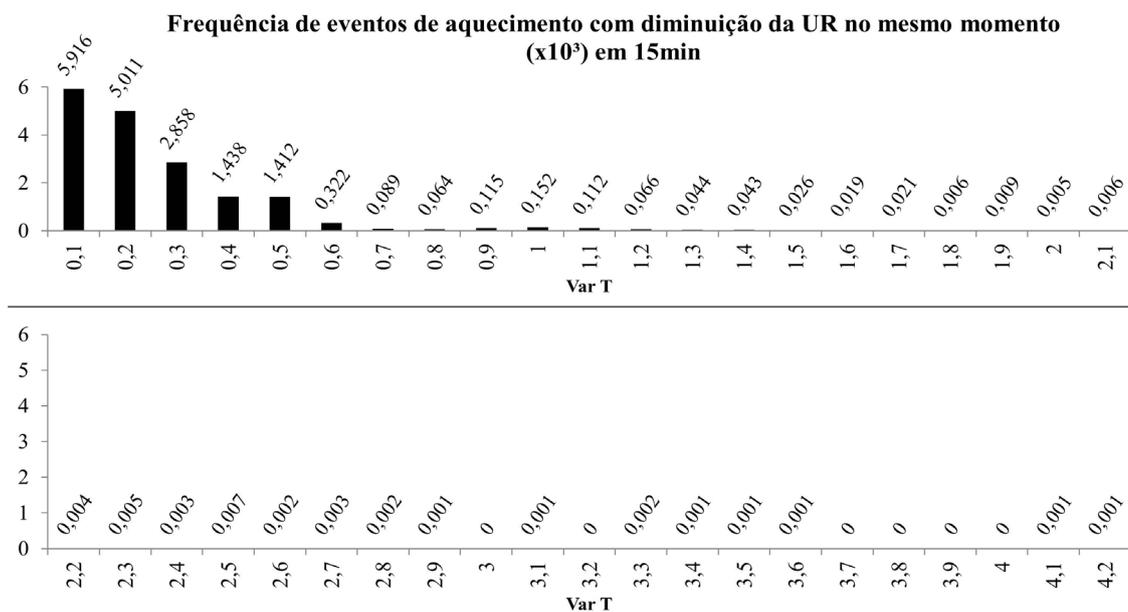


Figura 2: Frequência de aquecimentos com diminuição da umidade relativa durante a noite.

4.1 Primeiro grupo (Q94%)

A Figura 3 apresenta a frequência de aquecimentos de 0,1 °C a 0,5 °C mensalmente durante o período de estudo (15 anos). Por tratar-se de 94% de toda a amostra, é esperado que os resultados sejam coerentes com o comportamento médio da atmosfera. Portanto, neste grupo, estão incluídos os aquecimentos pré frontais ocorridos à noite. Pode-se observar que os eventos de aquecimento durante o ano não apresentam grandes variações, porém é possível observar, sutilmente, meses de máxima e mínima ocorrência.

A Figura 3F representa a frequência de ocorrência média para cada mês, nela é possível observar que nos meses de janeiro e outubro há uma máxima e em fevereiro uma mínima ocorrência.

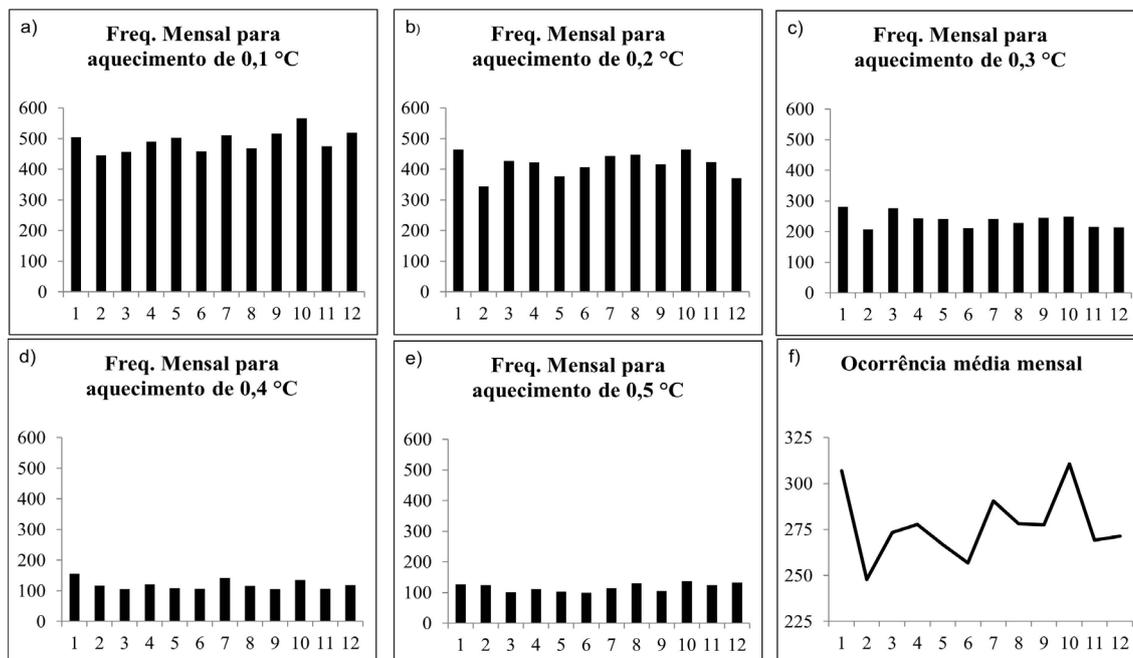


Figura 3 Frequência mensal para aquecimento de A) 0,1 °C, B) 0,2 °C, C) 0,3 °C, D) 0,4 °C e E) 0,5 °C. F) Média mensal.

O máximo de eventos de aquecimentos ocorreram no mês de janeiro para as variações de temperatura de 0,2 a 0,4 °C e no mês de outubro para 0,1 e 0,5 °C. Já o mínimo de eventos de aquecimentos ocorreu no mês de fevereiro para as variações de temperatura de 0,1 a 0,3 °C, março e setembro para 0,4 °C e junho para 0,5 °C. Ressalta-se novamente que valores tão baixos de aquecimento podem ser desprezíveis em escala diária, mas são relevantes para intervalos de 15 minutos (Tabela 1).

Var T	Nº de casos	%
0,1	5.916	35,6
0,2	5.011	30,1
0,3	2.858	17,2
0,4	1.438	8,6
0,5	1.412	8,5
Total	16.635	100

Tabela 1 - Grupo Q94%.

Com relação à distribuição horária, pode-se observar que nesse grupo, todas as taxas de aquecimento se comportam de maneira similar onde a maior frequência de eventos de aquecimento ocorreram entre 19h e 22h e diminuíram ao passar das horas. É interessante observar que, conforme a taxa de aquecimento aumenta, o horário das 19h se destaca como o de maior ocorrência e o de 03h como o de menor ocorrência. Na Figura 4F é apresentada a média horária de ocorrência considerando todos os aquecimentos e, como esperado, se comporta como descrito anteriormente.

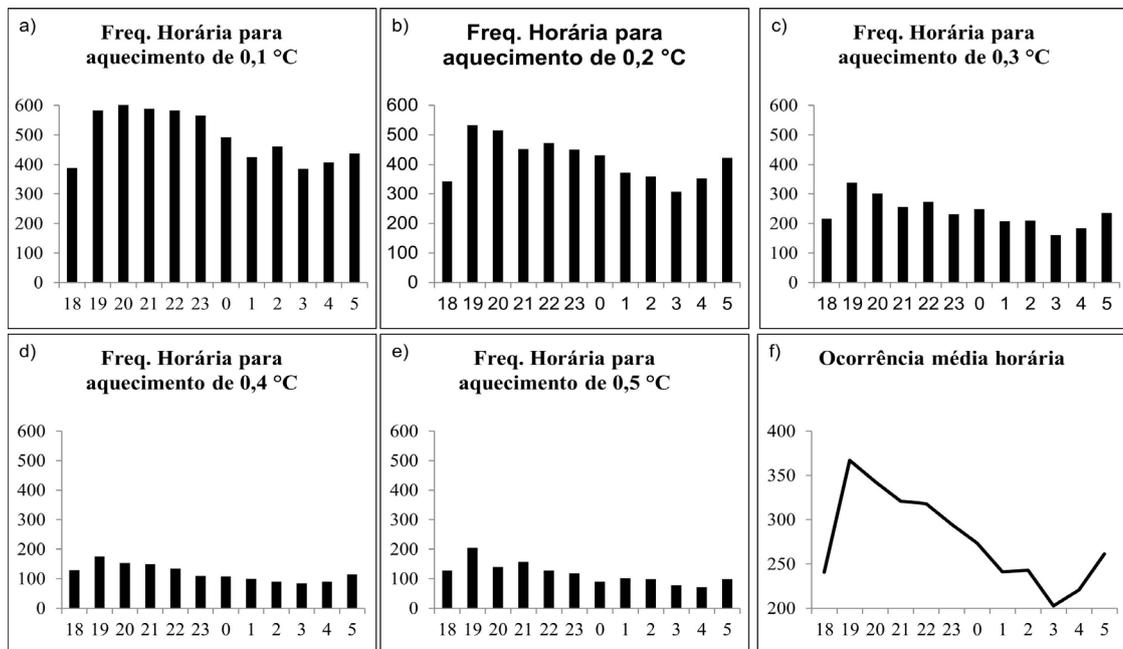


Figura 4: Frequência horária para aquecimento de A) 0,1 °C, B) 0,2 °C, C) 0,3 °C, D) 0,4 °C e E) 0,5 °C. F) Média horária.

4.2 Segundo grupo (Q06%)

A Tabela 2 apresenta as classes utilizadas com suas respectivas amostragens, indicando que a grande maioria dos eventos estão concentrados entre os aquecimentos de 0,6°C e 1,2°C, diminuindo gradativamente nas classes seguintes.

Classe i	Intervalo	Nº de eventos	%
1	[0.6, 1.2)	854	75,3
2	[1.2, 1.8)	219	19,3
3	[1.8, 2.4)	35	3,1
4	[2.4, 3.0)	*-	1,6
5	[3.0, 3.6)	5	0,4
6	[3.6, 4.2]	3	0,3
Total	-	1.134	100

Tabela 2 Classes utilizadas no grupo Q06%

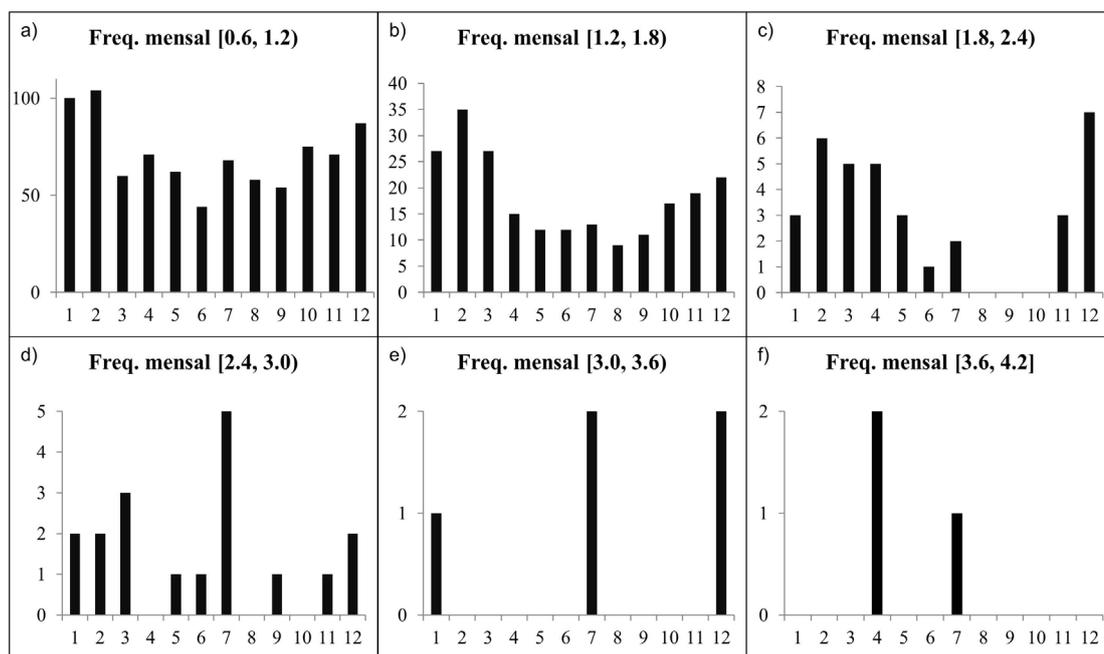
É importante ressaltar que o eixo vertical dos gráficos das frequências mensais (Figura 5) e horárias (Figura 6), não puderam ser apresentados em escala iguais, tendo em vista que cada grupo difere significativamente entre si em relação à quantidade de eventos. Este grupo representa 6% dos aquecimentos noturnos e, portanto são esperados os eventos de rara ocorrência como os Heat Burst. O comportamento dos aquecimentos referentes às Figuras 5A e 5B é similar, onde o máximo de ocorrência se deu nos meses do verão (dezembro a março) e o mínimo nos meses de junho (6) e agosto (8), respectivamente. Na Figura 5C, onde estão os eventos de aquecimento de 1,8 a 2,4 °C, observa-se o máximo de episódios

no mês de dezembro (12) registrando 8 eventos e, o mínimo em junho (6) com 1 evento. Apesar disso, os meses de fevereiro a abril também se destacam. Os aquecimentos de 2,4 °C a 3,0 °C estão apresentados na Figura 5D e, o mês de julho (7) e março (3) se destacam como os de maior ocorrência com 5 e 3 eventos de aquecimento, respectivamente. Seguidos pelos meses de janeiro (1), fevereiro (2) e dezembro (12) com 2 episódios cada e os meses de maio (5), junho (6), setembro (9) e novembro (11) com 1 episódio cada. Os outros meses não apresentaram eventos de aquecimento nessa escala.

A Figura 5E apresenta o número de aquecimento no intervalo de 3,0 °C a 3,6 °C e observa-se a ocorrência de apenas 5 casos de aquecimento, 2 eventos no mês de julho (7), 2 eventos em dezembro (12) e 1 evento no mês de janeiro (1). Os outros meses não apresentaram eventos de aquecimento nessa escala.

A Figura 5F apresenta a frequência de aquecimentos no intervalo de 3,6 °C e 4,2 °C. Nesse intervalo houve apenas 3 eventos de aquecimento: 2 eventos em abril (4) e 1 evento em julho (7).

Em média, durante o verão (inverno) há uma maior (menor) frequência de eventos de aquecimento noturno. Pode-se destacar o mês de fevereiro como o de maior e o de junho como o de menor ocorrência.



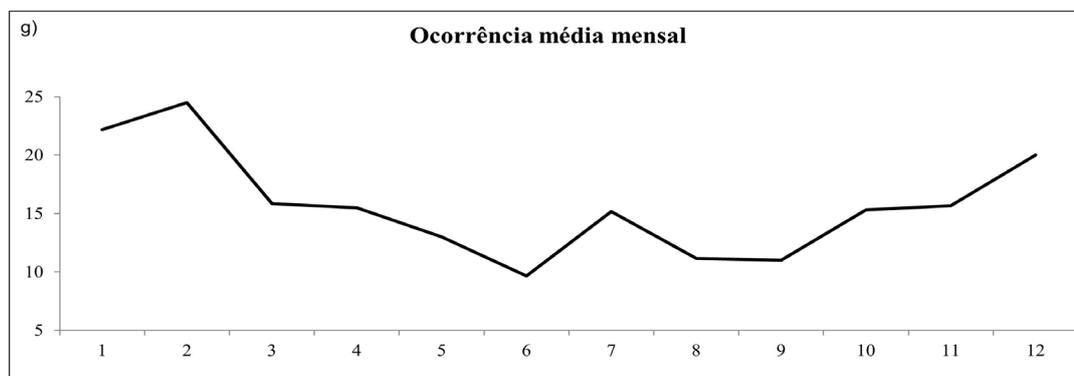


Figura 5: Distribuição mensal para os aquecimentos de: A) 0,6 a 1,2 °C, B) 1,2 a 1,8 °C, C) 1,8 a 2,4 °C, D) 2,4 a 3,0 °C, E) 3,0 a 3,6 °C, F) 3,6 a 4,2 °C e G) média mensal.

Na Figura 6 é apresentada a distribuição horária dos eventos de aquecimento. De maneira geral, os eventos de aquecimento ocorreram durante toda a noite, porém o máximo se dá no início da noite e diminuem com o passar das horas (Figura 6G). A Figura 6F, que é a classe com menor ocorrência, se diferencia nesse aspecto. Isso também pode ser observado, principalmente, na Figura 6A, que apresenta os aquecimentos de 0,6 °C a 1,2 °C, e a Figura 6B, que apresentam os aquecimentos de 1,2 °C a 1,8 °C, onde o máximo de eventos ocorre quase que no mesmo período. Na Figura 6A se destaca o período de 18h as 20h e na Figura 6B, o de 18h as 19h. O período de menor ocorrência é similar, destacando-se o de 03h as 04h.

A Figura 6C apresenta os aquecimentos de 1,8 °C a 2,4 °C, destacando o período de 18h às 20h totalizando 21 eventos de aquecimento. O período de 03h as 04h não registrou eventos de aquecimento nessa classe. Na Figura 6D é apresentado o aquecimento de 2,4 °C a 3,0 °C, destacando os horários de 19h e 23h com 4 eventos de aquecimento cada. Entre 01h e 02h não houve registro de aquecimento nessa classe.

Na Figuras 6E, que representa o aquecimentos de 3,0 °C a 3,6 °C, e 6f, que representa os aquecimentos de 3,6 °C a 4,2 °C, destacam-se a baixa e isolada ocorrência dos eventos. Na Figura 6E, ocorreu uma vez às 18h, 19h, 21h, 22h e 00h totalizando 5 eventos. Na Figura 6F, os eventos ocorreram às 22h, 02h e 03h totalizando 3 eventos.

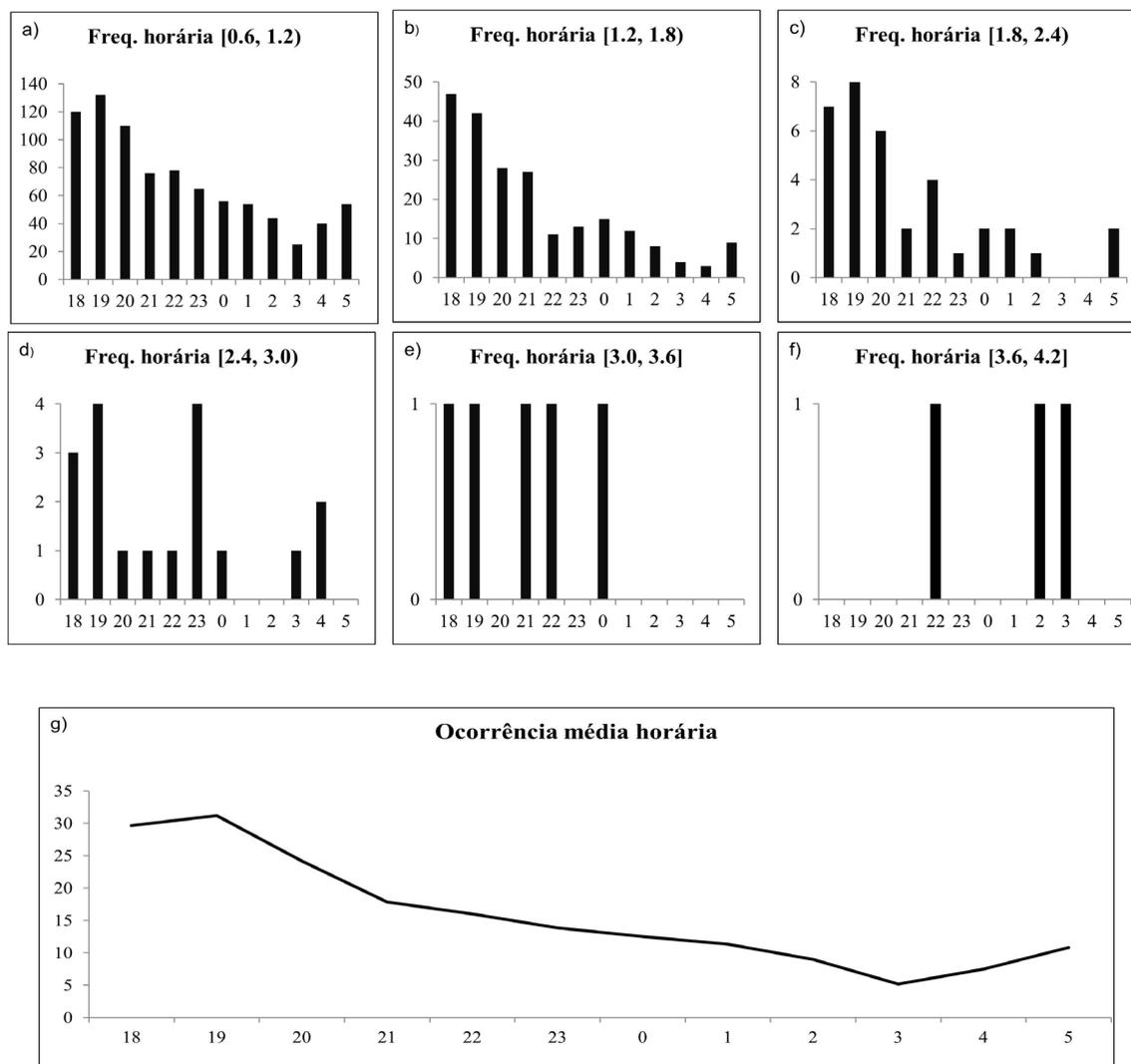


Figura 6: Distribuição horária para os aquecimentos de: A) 0,6 a 1,2 °C, B) 1,2 a 1,8 °C, C) 1,8 a 2,4 °C, D) 2,4 a 3,0 °C, E) 3,0 a 3,6 °C, F) 3,6 a 4,2 °C e G) média horária.

5 | CONCLUSÕES

Com a finalidade de verificar a frequência de ocorrências de aquecimentos noturnos simultaneamente a diminuição da umidade relativa, foi feita uma estatística de eventos de *Heat Burst* entre os anos de 2002 a 2016, avaliando eventos de aquecimento associados à diminuição da umidade relativa e de variações abruptas em outras variáveis meteorológicas.

Era esperado que a quantidade de eventos fosse máxima (mínima) quando menor (maior) a taxa de aquecimento. Isso pôde ser confirmado neste trabalho.

O grupo Q94% correspondeu aos aquecimentos de 0,1 a 0,5 °C em cada 15 minutos, que representam 94% de toda amostra. Assim, ele pode representar os eventos de aquecimentos “normais” na atmosfera. Nesse grupo, não houve grandes variações na ocorrência de aquecimentos durante o ano. Esse resultado pode estar relacionado aos aquecimentos pré-frontais, visto que a passagem de sistemas frontais não varia tanto na região Sudeste quanto no Sul do Brasil.

Ainda no grupo Q94%, em relação a frequência horária, pode-se observar que,

em média, a maioria dos eventos de aquecimento se deram no início da noite e diminuíram com o passar das horas, seguindo o esperado para os ciclos diurnos.

O grupo Q06% corresponde aos eventos de aquecimentos de 0,6 a 4,2 °C que podem ser considerados como o grupo de aquecimento anômalo, visto que aconteceram em 6% dos casos. Como visto nos resultados, durante o verão há uma maior ocorrência de eventos de aquecimento, o que está de acordo com o resultado encontrado por McPherson *et al.* (2011). Ainda assim, pode-se observar que esses eventos ocorreram durante todo o ano, com os maiores aquecimentos principalmente no mês de julho (qual é a causa?).

Em relação a frequência horária, observou-se o mesmo comportamento do grupo Q94%. A maior frequência de aquecimentos se dá no início da noite e diminuiu com o passar das horas. Podendo destacar o período de 18 às 19h (21 a 22 Z) como o de maior ocorrência sugere-se que esteja associado às dissipações de tempestades. Este resultado difere do encontrado por McPherson *et al.* (2011), entretanto os locais de estudo são distintos e apresentam características distintas. Ainda assim, cabe ressaltar que, os eventos ocorreram durante toda a noite.

Para observação do *Heat Burst* de forma idealizada, é necessária a observação da temperatura do ponto de orvalho em intervalos de tempo menores, na escala de alguns minutos. Entretanto, não há estação meteorológica na cidade do Rio de Janeiro que atenda essas especificações atualmente.

Portanto como trabalho futuro, será utilizada a modelagem numérica o que permitirá a análise da evolução temporal, estrutura vertical assim como o comportamento termodinâmico do fenômeno.

REFERÊNCIAS

Dametto, G. S.; Rocha, R. P. Características climáticas dos sistemas frontais na cidade de São Paulo. São Paulo – Universidade de São Paulo - IAG, 2005.

Johnson B. C. 1983. The heat burst of 29 May 1976. *Monthly Weather Review* 111: 1776–1792. Gan, M.A. & Rao, V. B. 1991. Surface Cyclogenesis over South America. *Monthly Weather Review*, 119, 1293–1302.

Mcpherson R.A.; Lane J. D.; Crawford K. C.; Mcpherson Jr W. G. A climatological analysis of heatbursts in Oklahoma (1994–2009). *International Journal of Climatology*, Oklahoma-USA, Wiley Online Library, v. 31, 531-534, 2011.

EXTRAÇÃO, PURIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO LÍQUIDO CELOMÁTICO DE MINHOCA DA ESPÉCIE *Eisenia andrei*

Taisa Werle
Jordana Finatto
Ketlin Fernanda Rodrigues
Gabriela Vettorello
Ani Carolina Weber
Sabrina Grando Cordeiro
Verônica Vanessa Brandt
Ytan Andreine Schweizer
Valeriano Antônio Coberllini
Elisete Maria de Freitas
Eduardo Miranda Ethur
Lucélia Hoehne

RESUMO: As minhocas, por meio da tecnologia de vermicompostagem, auxiliam na decomposição da matéria orgânica e na produção de húmus, substância valorizada pela agricultura. Além disso, esses animais estão sendo pesquisados pela sua capacidade de sobreviver livre de infecções no meio ambiente. Acredita-se que o líquido celomático, substância que elas liberam quando se sentem ameaçadas, seja fundamental para essa imunidade inata. Dessa forma, o trabalho teve o objetivo de estudar formas de extração e purificação do líquido celomático, bem como sua capacidade antimicrobiana. A extração obteve maior sucesso com o método de resfriamento, tendo o líquido sido purificado por filtração com membrana. A atividade antimicrobiana foi restrita, pois o

procedimento testado não demonstrou ação inibidora do líquido celomático.

PALAVRAS-CHAVE: Minhocas. Líquido celomático. Atividade antimicrobiana.

ABSTRACT: Earthworms, using vermicompost technology, help in the decomposition of organic matter and in the production of humus, a substance valued by agriculture. In addition, these animals are being screened for their ability to survive free from infections in the environment. It is believed that coelomic fluid, the substance they release when they feel threatened, is central to this innate immunity. Thus, the work intends to study forms of extraction and purification of the coelomic fluid, as well as its antimicrobial capacity. The extraction was more successful with the cooling method, and the liquid was purified by membrane filtration. The antimicrobial activity was restricted because the procedure tested did not demonstrate inhibitory action of the coelomic fluid.

KEYWORDS: Earthworms. Solid waste. Coelomic fluid. Antimicrobial capacity.

1 | INTRODUÇÃO

As minhocas possuem um papel de grande importância na natureza, pois são responsáveis pela decomposição da matéria orgânica do solo e pela formação do húmus

natural, componente imprescindível às terras férteis (AMABIS; MARTHO, 2001). A utilização desses animais por meio da biotecnologia da vermicompostagem, tem contribuído para o sucesso da regeneração de solos empobrecidos, auxiliando na recomposição dos nutrientes necessários ao crescimento dos vegetais (STEVENS, 2014).

Além da função fertilizadora, as minhocas têm despertado o interesse de muitos pesquisadores em razão de sua capacidade de sobreviver livre de infecções em meio ao solo e aos resíduos orgânicos. Essa habilidade está sendo estudada em diversas linhas de pesquisa (RIBEIRO, 2014). Neste trabalho, pretende-se pesquisar a respeito do líquido celomático, substância que é liberada quando as minhocas se sentem ameaçadas. Acredita-se que o líquido celomático tenha papel fundamental na imunidade inata desse animal. O estudo do líquido celomático é muito promissor, pois poderá servir para a produção de medicamentos, antibióticos ou produtos químicos para a indústria cosmética (ALTMAYER, 2014).

Dessa forma, esse estudo apresenta como objetivos: a) desenvolver metodologias para extrair o líquido celomático da minhoca; b) avaliar metodologia para purificar o líquido celomático da minhoca; c) analisar as características do líquido celomático; d) avaliar as características microbiológicas do líquido celomático.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Minhocas

As minhocas pertencem ao Reino *Animalia* e fazem parte do ecossistema terrestre. Esses animais de corpo cilíndrico pertencem ao filo *Annelida* e são divididos em metâmeros, que se assemelham a anéis, por isso são chamados de anelídeos. Os anelídeos, segundo Linhares e Gewandsznajder (1998), podem ser divididos em três classes: *Polychaeta* (poliquetas), *Oligochaeta* (oligoquetas) e *Hirudinea* (hirudíneos). Inseridas no filo *Annelida*, as minhocas pertencem à classe *Oligochaeta* ou das Oligoquetas (PEREIRA, 1997). Existem no ecossistema terrestre diversas espécies de minhocas. Segundo Schiedeck (2010, arquivo digital), o número de espécies terrestres pode superar quatro mil, divididas em três grupos ecológicos: anécicas, endogeicas e epigeicas.

No Brasil, estão descritas e catalogadas em torno de 350 espécies de minhocas, entre nativas e exóticas, havendo estimativas que indicam que podem existir até duas mil espécies desses invertebrados nos solos brasileiros.

Conforme Antonioli et al. apud Stevens (2014, p. 24), “(...) devido à rápida taxa de crescimento, adaptabilidade às condições de cativeiro e alta taxa de multiplicação, a espécie mais utilizada pelos pesquisadores é a *Eisenia andrei*, também conhecida como Vermelha-da-califórnia”.

2.2 Imunidade inata

Há estudos que indicam que as minhocas surgiram no planeta há cerca de 600 milhões de anos. A sobrevivência e o sucesso em termos evolutivos se deram em razão da capacidade de adaptação a diversas condições climáticas e de disponibilidade de alimento (SCHIEDECK; SCHIAVON; SCHWENGBER, 2009, texto digital).

A imunidade inata é comum a todos os organismos multicelulares, podendo ser considerada uma primeira linha de defesa (EMERENCIANO, 2014). Segundo esse autor, a imunidade inata “pode ser definida como um conjunto de mecanismos responsáveis por proteger o organismo contra infecções, independente de prévia exposição a micro-organismos ou outros patógenos”.

O sistema de imunidade inata evoluiu desenvolvendo uma série de estratégias para identificação do próprio e do não próprio, com base no reconhecimento de padrões celulares (EMERENCIANO, 2014). Assim, segundo o autor, “os padrões são decifrados por receptores que induzem ou inibem uma resposta imunológica, dependendo do significado dos sinais” (EMERENCIANO, 2014, p. 23). Dessa forma, quando é reconhecido algum patógeno, são ativados os mecanismos responsáveis pela sua destruição. Existe ainda o reconhecimento dos auto-antígenos, que se baseiam na detecção de marcadores específicos de estado anormal que são induzidos após a infecção à transformação celular (EMERENCIANO, 2014). Assim, os marcadores identificam as células infectadas para a eliminação delas por meio do sistema imunitário.

Nas minhocas, o fluído celomático contém células e muitos componentes moleculares envolvidos em sua imunidade inata, elas se defendem contra patógenos pela camada de muco que possuem na superfície da pele. Contudo, quando esse tipo de defesa falha, as minhocas liberam o líquido celomático, uma secreção mucilaginosa de defesa importante no sistema de imunidade antibacteriana destes animais. Por isso, alguns antibióticos líquidos têm sido desenvolvidos a partir do fluido celomático da minhoca, onde já foram detectados aminoácidos como arginina e lisina (ALTMAYER, 2014).

2.3 Bactérias

As bactérias, agrupadas no Reino Monera, são organismos unicelulares procarióticos, pois suas células não apresentam núcleo organizado (AMABIS; MARTHO, 2001). Elas são encontradas em todos os ecossistemas da Terra e apresentam grande importância para a saúde, para o meio ambiente e para a economia. Elas podem ser encontradas no mar, na água doce, no solo, no ar, bem como no interior de muitos seres vivos (SOBIOLOGIA, 2016, arquivo digital).

Certas espécies de bactérias desempenham papel importante como decompositoras na cadeia alimentar, atuando na reciclagem da matéria orgânica. Além disso, no setor de biotecnologia, as bactérias vêm sendo largamente utilizadas

na produção de queijos, iogurtes e requeijões (AMABIS; MARTHO, 2001). Ainda, segundo esses autores, (2001, p. 220), “(...) as bactérias são muito utilizadas pela indústria farmacêutica como fonte de antibióticos e vitaminas”. Já a indústria química também utiliza bactérias na fabricação de substâncias como acetona, metanol e etanol. Por meio da engenharia genética pesquisadores têm produzido substâncias de interesse comercial a partir das bactérias, como hormônio de crescimento e insulina (AMABIS; MARTHO, 2001).

Algumas bactérias são importantes também para a fertilização do solo, pois são responsáveis pela fixação do nitrogênio, que pode ser aproveitado por outros seres vivos.

2.4 Micro-organismos patógenos

Muitas das doenças que afetam os seres humanos também são causadas por bactérias patogênicas. Segundo Amabis e Martho (2001, p. 221), “a maioria das doenças bacterianas é provocada por substâncias tóxicas que as bactérias fabricam”. Entre as doenças causadas por bactérias, podemos citar: tuberculose, hanseníase, difteria, coqueluche, pneumonia, tétano, leptospirose, disenterias, gonorréia, sífilis, meningite meningocócica, cólera, entre outras.

Normalmente as infecções causadas por bactérias são tratadas por antibióticos, os quais precisam ser usados com receituário médico e por períodos de tempo corretos. O uso indiscriminado de antibióticos pode acabar por selecionar e favorecer linhagens de bactérias resistentes, dificultando o tratamento de doenças (SOBIOLOGIA, 2016, arquivo digital).

Algumas bactérias, também chamadas de oportunistas, como o *Streptococcus pneumoniae*, uma bactéria que vive na garganta de pessoas saudáveis, causam doenças quando nosso sistema imunitário fica enfraquecido (AMABIS; MARTHO, 2001). As doenças bacterianas se transmitem por gotículas de saliva (no caso de tuberculose, lepra), por contato com alimento e água contaminados (no caso de disenterias, tétano, cólera ou leptospirose) ou mesmo por contato sexual (em casos de gonorréia e sífilis) (LINHARES, GEWANDSZNAJDER, 1998).

2.5 *Escherichia coli*

A bactéria *Escherichia coli* é um bastonete Gram-negativo que pode causar muitas infecções do sistema digestivo e do trato urinário. Esta bactéria pode ser responsável por cerca de 90% das infecções em mulheres jovens, podendo causar bacteremia em casos mais graves. Algumas das cepas de *E. coli* possuem fimbrias, estruturas que funcionam para aderir as bactérias umas às outras, bem como para a fixação delas à superfície das células de hospedeiros. Nos casos de diarreias provocadas por cepas de *E. coli* o emprego de antibióticos só será utilizado em casos graves, pois o reequilíbrio hidroeletrólítico é o principal tratamento (AMABIS;

MARTHO, 2001). Assim, torna-se importante desenvolver demais bactericidas, como estudo do líquido celomático de minhocas.

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Local dos experimentos

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Bromatologia da sala 414 do Prédio 8 da Univates. O Laboratório conta com diversos equipamentos que dão suporte às análises físico-químicas: banho-maria, destiladores, freezer, bloco digestor, entre outros.

3.2 Coleta e manutenção dos animais

A coleta das minhocas foi realizada no minhocário localizado no Tecnovates da Univates. No minhocário existem minhocas da espécie *Eisenia andrei*, alimentadas com restos de alimentos, que são misturados ao solo presente.

Após a coleta no minhocário, precisaram-se lavar os animais com água ultrapura. As minhocas ficaram dormentes por um dia dentro da água a fim de limpá-las de qualquer resíduo do solo e de dejetos fecais. Depois desse procedimento os anelídeos estavam aptos para serem utilizados nos testes de extração de líquido celomático.

3.3 Materiais utilizados

Foram utilizados como materiais: solução de cloreto de sódio 0,1% (NaCl), disco para antibiograma, contendo antibiótico ciprofloxacino 5 µg da Laborclin®, salina 0,85%, discos de papel filtro autoclavado, tubo falcon, tubos de ensaio, alças, cubeta de vidro de quartzo, solução de ácido nítrico 10%, luvas nitrílicas, meio de cultura Mueller HInton, fitas indicadoras de pH MColorpHast™ e Kit Labtest proteínas totais. Além disso, utilizou-se ainda: placas de petry de plástico, tubos de ensaio, bastões de vidro, cronômetro, banho-maria, freezer, pipetador automático, pipetas, tubo de plástico, fonte de corrente contínua, espectrofotômetro, capela de fluxo laminar, gabinete de esterelização, estufa, pinças, canaleta, autoclave e vórtex.

3.4 Métodos e procedimentos gerais para extração do líquido celomático

O primeiro procedimento testado para extração consistiu em aquecimento por meio de um banho-maria com temperatura de 45 °C. Para tanto, as minhocas foram colocadas individualmente dentro de tubos de ensaio com auxílio de um bastão, juntamente com 5 ml de água ultrapura. A figura 1 demonstra a preparação dos tubos com as minhocas.



Figura 1 – Foto dos tubos de ensaio e sua disposição

Os dez tubos foram colocados juntos no banho-maria e a cada dez minutos retirava-se uma duplicata e verificava-se o comportamento dos animais e a liberação de líquido celomático. Esse teste teve a duração total de 50 minutos.

O segundo método realizado foi a exposição ao frio. Para tanto, utilizou-se o freezer com temperatura de -18°C como apoio para resfriamento dos animais. Cada minhoca foi colocada em uma placa de Petry de plástico com auxílio de bastão de vidro. Utilizaram-se dez animais e dez placas, conforme demonstra a Figura 2.



Figura 2 – Foto das placas de Petry e sua disposição

As dez placas foram submetidas a uma temperatura de -18°C dentro de um freezer, retirando-se cada duplicata de dez em dez minutos, para, ao final, observar-se os resultados obtidos.

A terceira metodologia testada foi a aplicação de choques elétricos de 9 volts nos animais. Para tanto, testou-se três procedimentos. No primeiro, foi colocada uma minhoca em uma placa de Petry aplicou-se choques elétricos de 9 volts de dez em dez segundos por 5 minutos. No segundo procedimento, novamente colocou-se uma minhoca numa placa com 100 microlitros de uma solução de NaCl 0,1%. Na sequência, aplicou-se o choque de dez em dez segundos por 5 minutos. No terceiro procedimento colocou-se uma minhoca na placa com solução e aplicou-se

dez choques de 9 volts seguidos por 40 segundos. A Figura 3 evidencia um teste de choque.



Figura 3 – Foto do procedimento de choque usando eletrodos

Os métodos foram repetidos em vários dias ao longo de um mês para a obtenção de quantidades satisfatórias para o desenvolvimento do presente trabalho.

O líquido celomático extraído com os testes foi devidamente coletado com pipetador automático, para posteriormente ser transferido a tubos plásticos. Esses tubos foram identificados e armazenados no freezer.

3.5 Métodos de purificação do líquido celomático

Foram usados 3 tubos contendo o líquido celomático. O líquido celomático extraído foi descongelado e utilizado em temperatura ambiente. O primeiro foi filtrado usando uma membrana. O segundo foi submetido à radiação ultravioleta de 250 nm. O terceiro tubo foi usado como o branco, ou seja, não sofreu nenhum tratamento.

Para o primeiro ensaio utilizou-se capela de fluxo laminar, a fim de deixar o local de trabalho sem presença de micro-organismos que pudessem comprometer o ensaio. Utilizou-se uma seringa estéril com agulha para sugar o líquido de dentro do tubo, que continha em torno de 1 ml de líquido celomático. Depois de cheia a seringa, se desconectou a agulha e acoplou-se a seringa no *holder* com a membrana filtrante 0,22 μm . Então a amostra foi filtrada e armazenada em outro tubo plástico estéril.

O segundo método para purificação foi por meio de exposição à luz ultravioleta com comprimento de onda de 250 nm. Utilizou-se um gabinete que irradiava a luz para o frasco plástico que se encontrava aberto dentro da cabine. O material ficou exposto à radiação por 40 minutos.

Após os procedimentos supracitados descritos, o líquido celomático foi distribuído em placas de que continha meio Mueller Hinton, meio não seletivo e identificadas conforme o procedimento realizado. Na primeira placa estava o líquido purificado por membrana, na segunda placa foi armazenada amostra exposta com

radiação ultravioleta e na terceira líquido celomático íntegro, sem qualquer tipo de purificação. O objetivo era a comparação da eficiência dos métodos. Após, as três placas de Petry foram incubadas em estufa a 37 °C por 24 horas.

3.6 Método de avaliação do pH do líquido celomático

Para a determinação do ensaio de pH utilizou-se fita indicadora de pH MColorpHast™, que foi mergulhada no líquido dentro do tubo plástico. Também se usou um pHmetro para conferir, dissolvendo 1 mL em 5 mL de água. (LUTZ, 2008)

3.7 Método de avaliação da proteína do líquido celomático

O teste foi realizado por meio do método colorimétrico de proteínas totais da marca Labtest para ver a concentração de proteína existente na amostra. O teste consistiu em adicionar 0,020 mL da amostra e 1 mL do reagente Biureto em um tubo de ensaio. Incubou-se a amostra a 37 °C por 10 minutos e após foi determinada a absorvância do teste e do padrão (albumina bovina) em um espectrofotômetro de absorção molecular em 545 nm.

3.8 Método de avaliação da capacidade antimicrobiana do líquido celomático

Primeiramente, iniciou-se com a preparação do inóculo. Ajustou-se o inóculo bacteriano da *E. coli* com salina 0,85%, segundo Clinical and Laboratory Standards Institute – CLSI – a solução salina deve estar em 0,85% a 0,9%, usando tubo Falcon com tampa estéril previamente autoclavados (ANVISA, 2016, texto digital). Repicaram-se algumas colônias a partir da placa previamente preparada para a salina, com auxílio de alça estéril e homogeneizando para não haver precipitações. Fez-se necessário utilizar agitação em vórtex.

Após, retirou-se parte do homogeneizado para a cubeta de vidro de quartzo para realizar a leitura de absorvância em espectrofotômetro (UV/VIS), empregando a solução salina como branco em 625 nm. Da literatura “a absorvância aceitável é entre 0,08 e 0,09, à qual corresponde a uma concentração de 1×10^8 UFC, ou seja, a 0,5 na escala de Mc Farland” (ANVISA, 2016, texto digital).

No tubo falcon contendo 10 mL de solução salina, retirou-se 1 mL com diluição de 10^8 , passando-se 1 mL da salina para outro tubo, que resultou uma diluição de 10^7 e assim por diante repetindo-se os procedimentos até chegar a uma diluição de 10^1 .

Na sequência foram feitas as diluições que foram inoculadas em placas contendo meio Mueller Hinton (meio não seletivo) utilizados 200 μ L de cada diluição. Esse processo foi feito em triplicata, sendo que o inóculo foi seco com o auxílio de alça de drigalski.

Em cada placa foi acrescentado um disco de antibiótico contendo ciprofloxacino 5 μ g da marca Laborclin® e um disco de papel filtro autoclavado embebido em líquido celomático previamente filtrado em membrana oriundo de minhocas.

O líquido celomático foi previamente filtrado com o auxílio de membrana com porosidade de $0,22 \mu\text{m}$. As placas contendo o inóculo mais os discos (antibiótico e discos com líquido celomático) foram incubadas por 24 horas em estufa a $35 \text{ }^\circ\text{C}$.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resultados das extrações

O primeiro teste realizado para extração foi por meio de uma técnica de aquecimento. As minhocas, após 10 minutos de exposição ao calor por meio do banho-maria, começaram a soltar sangue, não sendo possível analisar o fluido. Assim, não houve liberação de líquido celomático e os animais acabaram morrendo ao longo do teste. Dessa forma, esse experimento não foi eficiente para a extração e a coleta do líquido celomático.

No teste por meio do resfriamento teve-se maior facilidade para a execução do método. O teste era simples porque precisava somente de placas e um freezer. Esse método foi eficiente, pois houve a liberação de líquido celomático. A quantidade liberada foi em média de $0,05 \mu\text{L}$ de líquido celomático por minhoca. Cabe destacar também que nesse método as minhocas resistiram e liberaram líquido por até 30 minutos expostas ao resfriamento. A morte dos animais foi menor em comparação aos outros métodos e mais acentuada após os 30 minutos de exposição ao frio.

O terceiro teste foi a exposição ao choque elétrico. Após a aplicação dos choques, houve a liberação de líquido celomático em pequena quantidade. Contudo, o líquido liberado acabou se misturando com a solução de NaCl $0,1\%$ presente na placa, dificultando a separação. Na placa que não tinha solução, a coleta se tornou difícil porque a quantidade de líquido era ínfima e acabava secando na placa.

Esse procedimento requer o uso de fonte de corrente contínua, o que o torna mais difícil para ser executado. Além disso, foi utilizada uma solução de NaCl $0,1\%$, prejudicando posteriormente a separação do líquido obtido da solução. O método foi eficiente, mas em comparação ao método de resfriamento, houve liberação menor. A quantidade obtida aqui foi em média de $0,02 \mu\text{L}$ por minhoca. Ainda, cabe ressaltar que o líquido liberado precisava ser separado da solução de NaCl. Em alguns momentos observou-se uma liberação de sangue também, resultando na morte do animal.

Pode-se verificar que o líquido celomático extraído possui cor amarelada, aspecto viscoso e quase não apresenta cheiro. Dessa forma, a melhor condição para extração do líquido foi durante o procedimento de resfriamento. A Figura 4 mostra o resultado do procedimento de extração pelo método de resfriamento.

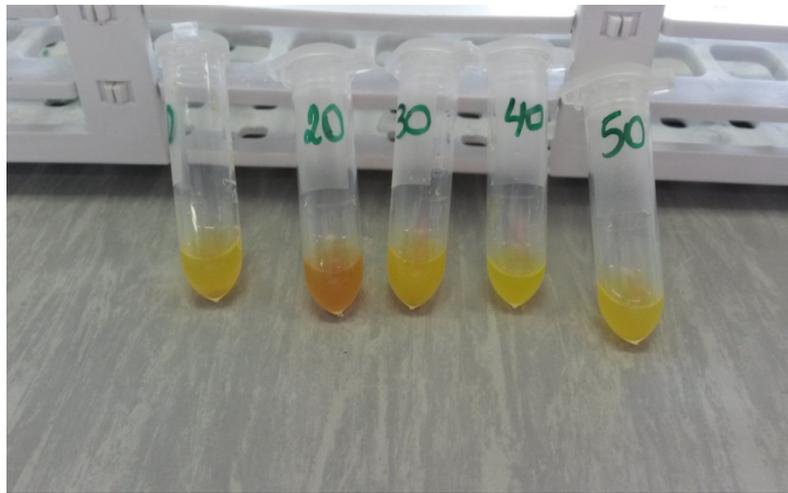


Figura 4 – Foto do líquido celomático armazenado em tubos.

4.2 Resultados da purificação do líquido celomático

A purificação por meio de exposição da amostra na radiação UV não foi eficaz, pois se observou na placa, após as 24 horas, crescimento microbiano. Assim, esse método não apresentou resultados satisfatórios para a purificação do líquido celomático.

Usando o método da filtração, na membrana após 24 horas de incubação, obteve-se ausência do crescimento microbiano na placa. Essa metodologia empregada foi eficiente para retirar da amostra componentes que geram perda da atividade bactericida da mesma.

Por fim, conclui-se que a purificação foi importante, pois o líquido celomático extraído apresentava contaminação pela presença de micro-organismos.

4.3 Resultados do teste de proteína

Com a realização do teste para proteínas totais, verificou-se o valor de 1,034% de proteína no líquido celomático oriundo da minhoca. Para esclarecimento, a quantidade de proteínas encontrada na carne de gado equivale a 22,65%, na carne de frango, 18,91% e na carne suína o teor de proteínas é de 21,32% (HAUTRIVE et. al, 2012).

Assim, em comparação com proteínas oriundas de carnes de outros animais, verifica-se que esse valor é pequeno, porém essa proteína foi extraída apenas do líquido celomático, não necessitando de sacrificar o animal, diferente das proteínas supracitadas.

O método não apresentou grandes dificuldades, pois foram poucos reagentes utilizados. O teste foi eficiente e permitiu a obtenção da quantidade de proteínas presentes no líquido celomático. Cabe salientar que o pH do líquido permaneceu em torno de 6, evidenciando pH perto da neutralidade.

4.4 Resultados do método de avaliação da capacidade antimicrobiana do líquido

celomático

Após 24 horas, observou-se que o padrão de ciprofloxacino utilizado apresentou halo ao seu redor em torno de 3,5 mm a 4 mm. Já no disco embebido com líquido celomático não se formou nenhum halo. A Figura 5 mostra o resultado obtido no teste de capacidade antimicrobiana.

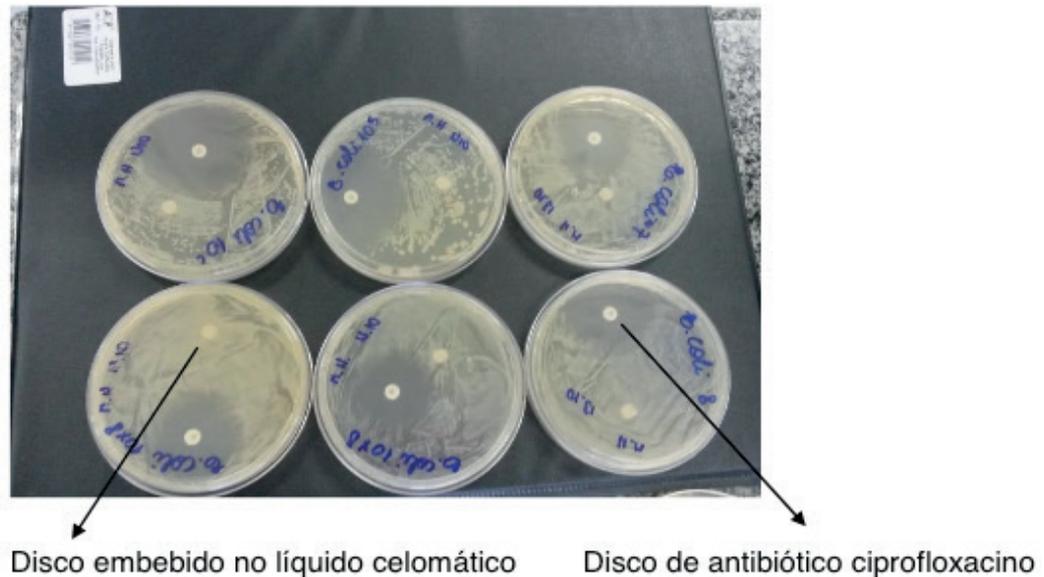


Figura 5 – Foto da atividade antimicrobiana no disco de líquido celomático e no antibiótico.

O teste apresentou certa complexidade. O procedimento demandou a utilização de antibióticos, meios de cultura, vários materiais autoclavados e a preparação de placas. O tempo gasto no teste foi grande, pois após a preparação inicial do inóculo, que durou por volta de 2 horas, foi preciso esperar o crescimento microbiano em estufa por 24 horas. Na sequência, foram realizadas as leituras das placas.

O processo com a utilização do padrão com antibiótico ciprofloxacino foi eficaz para a inibição do crescimento da bactéria *Escherichia coli*, pois se formou um halo ao seu redor, indicando ação antimicrobiana.

Já na placa com o disco embebido com líquido celomático já purificado, não houve ação antimicrobiana, pois a bactéria em questão cresceu naturalmente, avançando ao seu redor.

Com isso, percebeu-se que o resultado do líquido celomático, no experimento, não foi eficiente para a inibição do crescimento da bactéria *E. coli*.

5 | CONCLUSÃO

O estudo foi importante para avaliar qual método de extração de líquido celomático apresenta mais eficiência, proporcionando maior quantidade de líquido liberado. Dessa forma, o procedimento de resfriamento foi o mais adequado e que

atingiu os objetivos esperados para a coleta do líquido.

Por meio do experimento foi fundamental realizar-se a purificação, porque o líquido já apresentava contaminação após ser coletado. Assim, descobriu-se um método eficiente para purificar o líquido celomático, através da filtração por membrana.

A avaliação do líquido celomático se torna fundamental para conhecer as propriedades físico-químicas da substância estudada, podendo-se conhecer o pH e sua classificação dentro da escala de acidez. Também foi importante a descoberta da quantidade de proteínas do líquido, pois podem servir de parâmetro na comparação com outros estudos.

A metodologia empregada para avaliar a capacidade antimicrobiana foi eficiente pois o padrão usado se comportou de forma esperada. Na placa onde foi colocado o disco de ciprofloxacino visualizou-se a presença de halo, provando que houve inibição de crescimento bacteriano. Já no disco contendo o líquido celomático, não houve a formação de halo e a bactéria *E. coli* cresceu ao redor do disco. Assim, os padrões testados comprovaram que o líquido celomático não inibiu o crescimento da bactéria *Escherichia coli*. Dessa forma, novos estudos podem ser testados com novas metodologias para que se possa comprovar ou não a ação antimicrobiana do líquido celomático oriundo da minhoca da espécie *Eisenia andrei* aplicando em outros micro-organismos.

AGRADECIMENTOS

A Universidade do Vale do Taquari – Univates pelo desenvolvimento do artigo e à Universidade de Santa Cruz do Sul pela colaboração em algumas análises.

REFERÊNCIAS

ALTMAYER, Taciélen. **Análise qualitativa de aminoácidos por cromatografia em papel no líquido celomático de minhoca**. Anais do XIII Salão de Iniciação Científica. Lajeado: Editora Univates, 2014.

AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues. **Fundamentos da Biologia Moderna**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2001.

ANVISA. **Padronização dos Testes de Sensibilidade a Antimicrobianos por Disco-difusão: Norma Aprovada**. 8. ed. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/servicos/audite/manuais/clsi/clsi_OPASM2-A8.pdf>. Acesso em: 27 out. 2016.

EMERENCIANO, Andrews Krupinski. **Extração, purificação e avaliação da atividade fagocítica do equinocromo em ouriços-do-mar *Lythecinus variegatus* (Lamarck, 1816)**. Dissertação apresentada na USP. São Paulo: 2014.

HAUTRIVE, Tiffany Prokopp et al. **Avaliação da composição centesimal, colesterol e perfil de ácidos graxos de cortes cárneos comerciais de avestruz, suíno, bovino e frango**. Disponível em: <http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/viewFile/1606/1606>>. Acesso em: 15 out. 2016.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. Disponível em: <http://www.ial.sp.gov.br/resources/ediorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2019

LINHARES, Sérgio; GEWANDSZNAJDER, Fernando. **Biologia hoje**. 9. ed. v. 2. São Paulo: Ática, 1998.

PEREIRA, J. E. **Minhocas**: manual prático de minhocultura. São Paulo: Nobel, 1997.

RIBEIRO, Rosecler. **Avaliação da concentração do cádmio no húmus, no solo e nas minhocas no processo de vermicompostagem**. Anais do XIII Salão de Iniciação Científica. Lajeado: Editora Univates, 2014.

SCHIEDECK, G. **Espécies de minhocas para minhocultura**. 2010. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2010_4/minhocultura/index.htm>. Acesso em: 27 abr. 2016.

SCHIEDECK, Gustavo; SCHIAVON, Greice de Almeida; SCHWENGBER, José Ernani. **Sanguessugas em minhocários**. Comunicado técnico. 2009. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/31499/1/comunicado-217.pdf>>. Acesso em 24 jun. 2016.

SOBIOLOGIA. **Reino Monera**. Arquivo digital. 2016. Disponível em: <<http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Reinos/monera.php>>. Acesso em: 06 jun. 2019.

STEVENS, Débora. **O uso da Vermicompostagem para redução do cromo em lodo de curtume e após aplicação como fertilizante em cultivo de cebolinha (*Allium fistulosum* L.)**. Dissertação do programa de Pós graduação em Biotecnologia da Univates. 2014. Disponível em acervo digital da Univates.

A ABORDAGEM HISTÓRICA DE MATRIZ, DETERMINANTE E SISTEMAS LINEARES NOS LIVROS DIDÁTICOS

Daniel Martins Nunes

Instituto Federal do Norte de Minas Gerais
Januária – Minas Gerais

Fábio Mendes Ramos

Instituto Federal do Norte de Minas Gerais
Januária – Minas Gerais

Fabricia Gracielle Santos

Instituto Federal do Norte de Minas Gerais
Januária – Minas Gerais

RESUMO: Este estudo visa a apresentação de dados obtidos após a análise de três coleções de livros didáticos disponibilizados para escolha através do Programa Nacional do Livro Didático, 2015, para as turmas do ensino médio. A análise constituiu-se da observação de aspectos históricos dos tópicos de Matrizes, Determinantes e Sistemas Lineares presentes nestas obras onde foram detectadas algumas incoerências dos fatos apresentados, bem como foi possível perceber o uso da História da Matemática como meio condutor da proposta educacional. Este estudo possibilitou enxergar como a História da Matemática está sendo tratada nos livros didáticos, e da importância da conscientização em buscar na História da Matemática mecanismos para melhorar o processo de ensino aprendizagem.

PALAVRAS-CHAVE: História da Matemática.

Livro didático. Matrizes. Sistemas Lineares. Determinante.

THE HISTORICAL APPROACH OF MATRIX, DETERMINANTS AND LINEAR SYSTEMS IN DIDACTIC BOOKS

ABSTRACT: This study aims to present data obtained after the analysis of three collections of textbooks available for selection through the National Textbook Program, 2015, for the high school classes. The analysis consisted of the observation of historical aspects of the topics of Matrices, Determinants and Linear Systems present in these works where some inconsistencies of the presented facts were detected, as well as it was possible to perceive the use of the History of Mathematics as the conducting medium of the educational proposal. This study made it possible to see how the History of Mathematics is dealt with in textbooks, and the importance of awareness in searching in the History of Mathematics mechanisms to improve the process of teaching learning.

KEYWORDS: History of Mathematics. Textbook. Matrices. Linear systems. Determinant.

1 | INTRODUÇÃO

Uma possível abordagem que tem sido

realizada nas aulas ou nos livros didáticos de Matemática é o contexto histórico referente a um determinado tema, mesmo que esta seja utilizada apenas para ilustrar os grandes matemáticos envolvidos na construção de alguma teoria matemática ou para mostrar como este conhecimento se desenvolveu ao longo dos séculos. Contudo, há que se destacar que este tipo de inserção da História da Matemática no trabalho do professor não é tão nova quanto pensamos ser e tampouco inovadora no processo de ensino aprendizagem.

Esta discussão no cenário educacional brasileiro vem se desenvolvendo desde o século XIX e XX, iniciando-se com o Movimento da Escola Nova e que se consolidou no Movimento da Matemática Moderna, conforme Miguel e Miorim (2011) abordam em suas pesquisas.

A abordagem histórica da Matemática sofreu mudanças ao longo do tempo aqui no Brasil. Nos primeiros livros de Matemática estava presente uma discussão direta, ou seja, era introduzida a biografia dos grandes matemáticos ou de estudos originais, atribuindo apenas um caráter de leitura como forma de recompensa após um período de estudo abstrato. Dessa forma, a História da Matemática era vista pelos autores de livros como um mero aspecto ilustrador dos fatos matemáticos.

Entretanto, esta abordagem não é a melhor forma de utilizar o contexto histórico da Matemática no ensino. Schubring (1997) apud Miguel e Miorin (2011) alerta que este tipo de tratamento da História da Matemática já não convence mais os nossos alunos de hoje assim como parece ter ocorrido antigamente.

Devido a estes fatos e por outras discussões realizadas em torno do assunto foram construídas orientações educacionais que apontam o papel que a História da Matemática pode influenciar no processo de ensino-aprendizagem. Segundo as Orientações Curriculares para o Ensino Médio, a História da Matemática assume o papel de desempenhar argumentos que sirvam para motivar a aprendizagem dos alunos, principalmente no que diz respeito aos conceitos matemáticos, pois “a história da construção do conhecimento matemático mostra-nos que esse mesmo conhecimento foi construído a partir de problemas a serem resolvidos” (BRASIL, 2006, p. 84).

Roque e Carvalho (2013) compreendem dessa mesma forma quanto à utilização de argumentos históricos matemáticos nas atividades práticas do professor poderem tornar mais ricas as suas aulas, pois sendo a Matemática construída a partir da tentativa de solucionar problemas do cotidiano, e presente nos mais variados contextos, pode se constituir como exercício de motivações no processo de ensino-aprendizagem.

Entretanto não basta reconhecer que a Matemática teve esse papel de auxiliar o desenvolvimento científico do homem ao longo da história. O professor, segundo Roque e Carvalho (2013) e Brasil (2006), deve ainda procurar através desta contextualização, recriar o ambiente de problematização a partir destes contextos históricos, permitindo assim motivar o interesse do aluno, “ainda que seja uma

Matemática distinta daquela que praticamos hoje”. (ROQUE e CARVALHO, 2013, p. 10), portanto, haverá necessidade de adequar a sua proposta.

Dessa forma, conhecer um pouco sobre os aspectos históricos referentes aos conteúdos: Sistemas Lineares, Determinantes e Matrizes, pode permitir ao professor entender o desenvolvimento de tais conceitos que tanto busca ensinar no seu dia-a-dia, assim como recriar a sua práxis com o único intento de beneficiar a aprendizagem dos seus alunos. A seguir serão discutidos alguns aspectos históricos sobre os conteúdos de matrizes, determinantes e sistemas lineares que servirá para os propósitos aqui mencionados.

2 | O QUE A HISTÓRIA DA MATEMÁTICA RELATA SOBRE O SURGIMENTO DE MATRIZES DETERMINANTES E SISTEMAS LINEARES?

Alguns historiadores como Smith (1958), Boyer (1974) e Eves (2011), apontam que desde o início do processo evolutivo das grandes civilizações o homem já havia se deparado com situações em que o emprego de sistemas lineares era realizado. Há ainda a concordância de que tal conhecimento primitivo evoluiu ao longo dos séculos de história. Entretanto, muita coisa se perdeu ao longo desses períodos devido à forma como o homem realizava os seus registros. Assim, podemos apresentar os seguintes fatos históricos das contribuições do homem para o desenvolvimento da tríade sistema linear-determinante-matriz:

- Na China tem-se uma das primeiras referências sobre o uso de sistemas lineares num contexto do cotidiano dos chineses. Segundo Eves (2011) no período denominado de Dinastia Han (206 a.C – 221 d.C) foi construído o *Nove Capítulos sobre a Arte da Matemática* que contem problemas que levam a sistemas lineares cuja resolução assemelha-se com o método de resolução com matrizes, embora não tenha sido utilizado notações algébricas.
- Em 1303, o chinês Chu Shi-kié escreveu um trabalho intitulado como *The Precious Mirror of the Four Elements* (O Espelho precioso dos quatro elementos), onde são tratadas questões de álgebra com um grau elevado. Eves (2011, p. 246) corrobora dizendo que “Ele se utilizava dos métodos matriciais comuns hoje em dia e seu método de eliminação e substituição já foi comparado ao de J. J. Sylvester (1814-1897).”, entretanto, não era empregada a mesma simbologia que é usada atualmente que veio a originar-se somente no século XIX.
- Em 1683 surge o matemático Seki Shinsuke Kowa (1642-1708) com um manuscrito intitulado por *Kai Fukudai no Ho* (Método de Solução de Questões Secretas) e que através dos problemas envolvidos nessa obra favorece a teoria de que ele tenha desenvolvido um processo operatório que melhorou as considerações realizadas por Chu Shi-kié.
- Na Europa, outro matemático vinha desenvolvendo estudos parecidos com os de Seki Kowa. Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) tornou-se a primeira referência no Ocidente com o método dos determinantes, conforme cita

Boyer (1974).

- O século XVIII é marcado pelo surgimento de muitos livros-texto de sucesso, e neste cenário temos uma polêmica envolvendo dois matemáticos: Colin Maclaurin (1698-1746) e Gabriel Cramer (1704-1752). Essa polêmica é devida ao fato de que a Regra de Cramer que foi publicada no ano de 1750 na obra *Introduction a l'Analyse des Lignes Courbes Algébriques*, já era conhecida por Maclaurin desde 1729 e publicada por ele em 1748, dois anos após a sua morte, na obra *Treatise of Algebra*, conforme Boyer (1974) e Eves (2011) relatam. Entretanto, Cramer ganhou maior notoriedade devido ao fato da sua superioridade nas demonstrações matemáticas e da decadência da matemática desenvolvida na Grã-Bretanha à época, colocando em questão duvidosa os trabalhos de Maclaurin.
- O francês Pierre-Simon Laplace (1749-1827) exhibe ao mundo as suas proezas quanto ao uso de menores complementares através de um método generalizado para encontrar o determinante de uma matriz em 1772;
- No ano de 1810, o príncipe dos matemáticos, Carl Friedrich Gauss (1777-1855) contribui para a história com o desenvolvimento do método atualmente conhecido como *Método de Eliminação de Gauss*. Esse método, conforme apontam Althoen e Mclaughlin (1987), inicialmente foi obtido quando Gauss em seu tratado intitulado de *Disquisitione de Elementis ellipticis Palladis*, buscou uma solução para um sistema linear composto de seis incógnitas que descrevia a órbita de Pallas, o segundo maior asteroide do nosso sistema solar.
- Posteriormente, e tomando como base esse estudo de Gauss, o matemático Wilhelm Jordan (1842-1899) torna público o seu Método de Redução de Gauss-Jordan, onde segundo Althoen e Mclaughlin (1987, p. 130) relatam que em tal processo, “operações de linhas são utilizadas para diagonalizar a matriz de coeficientes, e a resposta é lida diretamente.”. Tornando-se assim uma melhoria do trabalho de Gauss.
- O matemático Augustin-Louis Cauchy (1789-1857) deu a palavra determinante a atual conotação utilizada em Matemática. Conforme Smith (1958), Boyer (1974) e Eves (2011), tal fato ocorreu em 1812, e diversos outros trabalhos de Cauchy seguiram trazendo grandes contribuições sobre determinantes. Tais autores ainda o consideram como o grande contribuidor para o assunto de determinantes.
- Um dos primeiros estudos sobre a álgebra de matrizes foi realizado por Arthur Cayley (1821-1895) em 1858, ao tratar da teoria das transformações, afinal ele tinha bastante interesse na estruturação da álgebra a qual vinha ganhando adeptos no mundo todo. Quanto ao termo matriz, Higham (2008) aponta que já era familiar para James Joseph Sylvester (1814-1897). O que sugere a apropriação deste termo por Cayley pode ser devido a proximidade com Sylvester que se iniciou no ano de 1846, quando ambos começaram a desenvolver seus trabalhos envolvendo problemas algébricos. Cayley também haveria sugerido a notação de barras verticais para representar o determinante de uma matriz ainda quando era estudante. Embora tenha Cayley realizado um dos primeiros estudos sobre as matrizes, foi Sylvester quem assumiu o desenvolvimento desta teoria até o final de sua vida enquanto esteve na Universidade Johns Hopkins.

Como visto, parece ser oportuno descrever que a ordem em que estes elementos da álgebra foram formalizados matematicamente possa ser descrita pela sequência: sistemas lineares, determinantes e matrizes; e que tais conhecimentos foram construídos ao longo dos séculos à medida que o homem necessitou para resolver algum problema prático.

3 | CONSIDERAÇÕES SOBRE O LIVRO DIDÁTICO

O livro didático é um dos instrumentos mais utilizados pelos professores da rede pública educacional brasileira e atualmente tal recurso tem trazido orientações ao professor sobre como utilizá-lo dentro da sua prática diária, para que ocorra a aprendizagem mais significativa do seu público estudantil. Entretanto, como afirmam Dante (1996), Silva (1996) e Carvalho e Lima (2010), muitas vezes o professor não tem dado o verdadeiro valor a este recurso, ou por vezes fazem o seu uso exagerado durante a sua prática docente, contribuindo assim para a aversão do aluno ao verdadeiro sentido de aprender Matemática.

A esse respeito, Silva (1996) acrescenta que o professor muitas vezes usa o livro didático como uma “muleta” e que para muitos a justificativa é que sem o livro didático não há como prosseguir as suas atividades diárias. Esquecem ainda de que o livro didático não é um instrumento para ser “varrido” de capa a capa e que ele deve constituir-se como um elemento de apoio ao seu trabalho e não um glossário a ser seguido fielmente.

Essa postura não tem conquistado mais a atenção dos alunos, visto que há meios tecnológicos mais chamativos e que tem despertado o interesse deles. Por isso é preciso haver mudança tanto quanto a esta postura de uso exagerado do livro didático quanto à abertura a novas possibilidades de ensino. Embora não seja essa discussão a ser tratada aqui neste tópico, a reflexão se faz pertinente devido ao fato que o tema suscita.

Para esta discussão foram selecionadas três coleções de livros didáticos indicados pelo guia do PNLD 2015: Conexões com a Matemática, de Fábio Martins de Leonardo; Matemática: Contexto & Aplicações, de Luiz Roberto Dante; Matemática – Paiva, de Manoel Paiva. Sendo que esta análise consistiu em observar como é realizada a abordagem dos conteúdos de matriz, determinante e sistemas lineares.

4 | ANÁLISE SOBRE OS LIVROS DIDÁTICOS

Foi percebido que há uma discussão histórica nas obras Matemática – Paiva e Matemática Contextos & Aplicações. Na obra Conexões com a Matemática, a história se faz presente apenas ao mencionar poucos aspectos sobre a vida dos matemáticos Pierre Frédéric Sarrus e Gabriel Cramer. São mencionados também apenas os nomes de outros matemáticos, tais como Laplace, Binet e Jacobi, porém nada sobre

a sua vida ou obra foram mencionados como realizado com os dois anteriores. Essa abordagem não provoca grandes mudanças no processo de ensino-aprendizagem, pois conforme observado anteriormente, a História da Matemática quando limitada a apresentação de biografias dos grandes matemáticos ou datas não tem despertado o interesse dos alunos.

Esta indicação histórica, quando bem realizada, é oportuna para o processo de ensino-aprendizagem, pois ainda conforme Brasil (2006) além de se tornarem um elemento para contextualização pode suscitar ao professor a compreensão das dificuldades que os alunos apresentam. Esta preocupação pode ser visualizada nas outras obras, onde é mostrado aos alunos o surgimento destes conteúdos associados à necessidade do seu desenvolvimento e inserção na vida atual.

Há uma indicação errônea quanto aos fatos históricos na obra Matemática Contexto & Aplicações, segundo o autor é mencionado que os registros de sistemas lineares realizados pelos chineses sejam referenciados por volta de 2500 a.C., porém, segundo Boyer (1974) essa ocorrência deu-se durante a Dinastia Han, determinada por volta de 206 a.C., o que sugere um erro na transcrição da data de tal fato no livro didático.

A História da Matemática também está presente em outras discussões nos livros didáticos Matemática Contexto & Aplicações e Matemática Paiva, ao tratar do determinante de ordem 2 e 3 associados a sistemas lineares, conforme foi realizado por Maclaurin e Cramer em seus estudos precedentes, embora não citem nenhuma referência dos matemáticos.

Além disso, em Matemática Paiva, o autor parece ter tido uma preocupação em tratar dos conceitos e propriedades dos determinantes logo após o capítulo de sistemas lineares, demonstrando assim que para ele a narrativa dos fatos históricos podem ser adequados e vivenciados no atual contexto, permitindo aos alunos e professores visitar e ressignificar os conteúdos anteriormente explorados.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O que pode ser observado com este estudo é como a curiosidade humana, buscando solucionar os seus problemas diários ou da criação de um modelo científico impulsionou o desenvolvimento da Matemática. Além disso, a Matemática não poderia ser vista como algo criado por uma única pessoa ou que está determinada, é uma ciência que encontra novos significados e que está em constante mudança.

No campo educacional, a reflexão a ser apreendida é que talvez ao usar a mesma sequência histórica do desenvolvimento da álgebra dos sistemas lineares, determinantes e matrizes pode ser uma oportunidade de ressignificar o trabalho pedagógico e da aprendizagem dos alunos.

Além disso, esse estudo traz à tona a discussão sobre a necessidade de o professor analisar criticamente as informações contidas nos livros didáticos, quando

abordarem algum contexto histórico sobre esses tópicos da Matemática, pois tal recurso não está isento de falhas.

Ainda é preciso que o professor também sempre atualize os seus conhecimentos, através da leitura de outros livros, artigos ou por outros meios de discussões sobre o assunto, pois novos estudos sobre a História da Matemática são constantemente realizados e podem trazer novas informações, inclusive a estas que aqui foram traçadas.

REFERÊNCIAS

ALTHOEN, Steven C.; MCLAUGHLIN, Renate. Gauss-Jordan Reduction: **A Brief History**. Journal American Mathematical Monthly, v. 94, p. 130-142, 1987.

BOYER, Carl Benjamim. **História da Matemática**. Tradução por: Elza F. Gomide. São Paulo: Edgard Blucher, Ed. da Universidade de São Paulo, 1974.

BRASIL. Ministério da Educação. **Orientações curriculares para o ensino médio: Ciências da natureza, Matemática e suas tecnologias**. Brasília: Secretaria de Educação Básica, 2006. v.2.

CARVALHO, João Bosco Pitombeira; LIMA, Paulo Figueiredo. “Escolha e uso do livro didático”. CARVALHO, João Bosco Pitombeira Fernandes de. (org.). **Coleção Explorando o Ensino: Matemática** – Vol. 7. Brasília: Secretaria de Educação Básica, 2010.

DANTE, Luiz Roberto. **LIVRO DIDÁTICO DE MATEMÁTICA: uso ou abuso?** Em aberto, ano 16, n. 69, p. 83-97, 1996.

EVES, Howard. **Introdução à História da Matemática**. Tradução por Hygino H. Domingues. 5ª ed. Campinas: Editora da Unicamp, 2011.

HIGHAM, Nicholas J. **Cayley, Sylvester, and Early Matrix Theory**. Linear Algebra Appl.,v. 428, p. 39–43, 2008.

MIGUEL, Antônio; MIORIN, Maria Ângela. **História na Educação Matemática: propostas e desafios**. 2ª ed. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2011. 208 p.

ROQUE, Tatiana; CARVALHO, João Bosco Pitombeira de. **Tópicos de História da Matemática**. Rio de Janeiro: SBM, 2013. 269 p.

SILVA, Ezequiel Theodoro. **LIVRO DIDÁTICO: do ritual de passagem à ultrapassagem**. Em aberto, ano 16, n. 69, p. 11-15, 1996.

SMITH, David Eugene. **History of Mathematics, Vol. I**. New York: Dover Publications, 1958. 618 p.

SMITH, David Eugene. **History of Mathematics, Vol. II**. New York: Dover Publications, 1958. 736 p.

A QUÍMICA DA MARCHETARIA: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE QUÍMICA

Caroline Ketlyn M. Da Silva
(QUÍMICA/UFAC)

carolketlyn17@hotmail.com

Francisca Georgiana M. do Nascimento
(MPECIM/UFAC regiana.tavares@gmail.com)

RESUMO: O processo artesanal na manipulação da madeira para a arte da Marchetaria pode ser, iluminados com os saberes químicos atuais. Neste intuito é que este trabalho foi desenvolvido, ou seja, contribuir para um ensino de Química que relaciona o conhecimento científico ao saber popular, como é o caso da arte da marchetaria que é uma arte milenar desenvolvida por vários povos e que vem crescendo ao longo dos anos. Desta feita, os objetivos desta pesquisa são relacionar a arte da marchetaria com conhecimentos Químicos ensinados em sala de aula e proporcionar aos educandos uma nova forma de olhar o conhecimento químico no processo educativo. Para tanto, foi feita pesquisa sobre a arte da marchetaria, desenvolvida através de entrevistas com artesãos locais, e um levantamento da natureza química dos pigmentos que dão origem às cores da madeira utilizada em projetos de decoração.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Química, Biodiversidade, Marchetaria.

INTRODUÇÃO

Nos dias de hoje, é fato, existe a necessidade de transformação para educação. Ela precisa ser reinventada. Um dos desafios é fazer que o processo de ensino-aprendizagem seja desafiador e significativo. Mas como fazê-lo sem levar em conta os diversos contextos nos quais estamos inseridos? Até então, a educação, tem assumido um caráter padronizador, homogeneizador e distante do cotidiano do aluno. Aqui está um dos desafios da educação contemporânea e da educação química: entender que a escola é um ambiente onde é possível aproximar os princípios científicos com as práticas populares.

Neste contexto, é válido ressaltar que a escola sempre teve dificuldade em lidar com a mediação entre a teoria e a prática. E na química nunca foi diferente. Como produzir um conhecimento que ajude na formação de um cidadão diferenciado se não é considerado a relação do conhecimento químico com o saber produzido e trazido para sala de aula? É mais fácil colocar todos na mesma “forma” e obrigá-los a ouvir uma mera transmissão infundável e monótona.

É de suma importância abordar o conhecimento tradicional juntamente com os conhecimentos científicos em sala de aula

de forma a contextualizar e a significar o conhecimento científico de química. O uso desses conhecimentos, objetiva fortalecer esse processo de aprendizagem e até significar um retorno às sociedades nativas. O papel da escola e da química é ensinar de maneira sensível à relação teoria-prática, contemplando possibilidades de negociação entre os diferentes recursos, ampliando assim a ideia de educação científica. A educação deixa de ser assumida como um processo de formação de conceitos e valores, mas, um processo que considere mais do que um conteúdo formal, mas levar ao aluno conteúdos de seu dia-a-dia e/ou nativos de outras culturas que enriquecem o conhecimento.

Uma das implicações em se investigar a prática da marchetaria é a possibilidade de relacioná-la com conhecimentos científicos e, especificamente, conhecimentos de química. Portanto, segundo Pinheiro (2010) um contexto de identificação seria a aplicação de saberes popular.

[...] além disso, ao inserir um saber dessa natureza em sala de aula, é estar propiciando experiências que permitirão aos alunos verem a Química de um outro modo, particularmente considerando as dificuldades na aprendizagem da grande maioria [...] (PINHEIRO, 2010, p. 372).

Sobre as dificuldades que alunos do Ensino Médio tem em gerar conhecimentos novos na disciplina de química é devido ao distanciamento entre seus saberes e pensar e a química escola. Neste sentido, corroboram Leal e Neto (2013, p. 75) afirmando que é possível uma aliança entre o conhecimento científico e a valorização do saber popular.

Analisando o conhecimento envolvido no processo de fabricação de peças artesanais, vemos que envolvem conhecimentos de Química Orgânica, sendo um possível diferencial ao processo de ensino aprendizagem. Ou seja, é fazer com que haja a aproximação do que está sendo ensinado em sala de aula com o dia a dia. É ver a Química de outro modo. É passar a percebê-la como algo inerente à nossa vida ou como afirma Chassot (2004) não basta apenas transmitir conhecimentos, mas, é fazer com que esses conhecimentos sejam instrumentos de transformação. Sobre isto, Watanabe e Silva (2011) afirmam que o ensino de química deve formar cidadãos cientes de suas ações, deve pautar-se na inter-relação entre conhecimento Químico transmitido em sala de aula e o contexto em que o indivíduo está inserido. A função do ensino, portanto, deve ser a de desenvolver a capacidade de tomada de decisão, o que implica na necessidade de vinculação do conteúdo trabalhado com o contexto social em que o aluno está inserido. No caso dos alunos acrianos, a riqueza de materiais utilizados nesta arte milenar e, que ao longo do tempo tem absorvido as cores e formas da própria região amazônica, torna-se um recurso viável e propicia o desenvolvimento de um novo olhar químico: o de perceber que tudo ao nosso redor é químico.

Para tanto, foi feita pesquisa sobre a arte da marchetaria que conforme Tripodi (2005, p. 25) é uma arte milenar e de significativa importância à história da

humanidade, pois, utiliza da própria natureza, para produção de móveis e peças de decoração. Também, foram entrevistas com artesãos locais e um levantamento bibliográfico da natureza química dos pigmentos que dão origem às cores da madeira utilizada em projetos de decoração.

METODOLOGIA

A metodologia utilizada foi a pesquisa exploratória de caráter qualitativo através de levantamento bibliográfico sobre a marchetaria propriamente dita e uma análise química da pigmentação envolvida nesta arte e entrevistas informais com artesãos acrianos. Ou seja, a interação com os informantes, seus saberes e práticas, nesse momento foi possível gerar dados para a pesquisa (PINHEIRO, 2010, p. 365).

A pesquisa foi dividida em três etapas: a primeira etapa foi a entrevista com artesãos sobre a arte da marchetaria. A segunda etapa foi pesquisa bibliográfica sobre a arte da *Intarsia* ou *Marchetaria* e a química dos pigmentos vegetais que dão cor e forma as peças criadas. A terceira etapa foi a aproximação dos conhecimentos gerados na marchetaria com o ensino de Química.

Segundo os artesãos entrevistados: “a marchetaria é uma arte milenar e consiste em incrustar lâminas de madeira colorida em peças prontas”. Com essas lâminas em mãos e o projeto feito, é preciso desenhar, recortar e colar lâmina sobre lâmina, como mostram as *Figuras 2 e 3*.



Figura 2: Etapas de produção de uma peça.



Figura 3: Troféu Seringueiro.

Segundo o artesão entrevistado, essa arte surgiu aqui no Acre através do artesão Maqueson Pereira da Silva, artista nascido no Seringal Flora, no município de Porto Walter (AC). Enquanto morou no seringal, aprendeu a ler com o avô, que era cego, cortou seringa junto com o pai e fazia barcos, o que ajudou na função hoje exercida. Em 1973, saiu do seringal para a área urbana de Porto Walter, onde ingressou no seminário com os padres e recebeu os primeiros estudos formais, já aos 15 anos.

Aos 18 anos, Pereira saiu do Acre como seminarista para estudar no Instituto Liebermanm, na cidade de Salete, em Santa Catarina. Em 1977, começou os primeiros trabalhos em marchetaria com a orientação de Guilherme Schüller, padre alemão, colocando em ação nos primeiros trabalhos temas sacros, com a criação de quadros como o de Nossa Senhora Aparecida, sendo o primeiro feito por ele.

Em 1986, o artista retornou à Cruzeiro do Sul e começou a estudar botânica, psicologia da música com padre Herbert Douteil. Após quatro anos, foi para Alemanha com a ajuda do padre, onde fez especialização, e estudou também na Itália e Suíça. Quando retornou ao Acre, Pereira começou a incluir e trabalhar temas da flora e da fauna amazônica em suas artes. Em 2001, instalou sua oficina em Cruzeiro do Sul onde realiza os trabalhos atualmente.

Segundo Maqueson,

(...) Conheci a fundo a Amazônia, sua vida, sua natureza, seus costumes, sua gente, a fauna e flora dessa região. Viajei pelo rio Juruá, passei pelos seus estreitos e furos; explorei igarapés e paranás, vivi em comunhão íntima com o meio e com o habitante. De tanto amá-los e senti-los um dia meu coração transbordou de emoção e resolvi mostrar para o mundo um pouco daquilo que vi e vivi em um estilo raro, mas, a maneira mais coerente que encontrei de falar do ser e da Amazônia". <Disponível em: <http://www.maquesonmarchetaria.com/>, acesso em 26/11/2015.>

O material utilizado para fazer as lâminas vem de árvores encontradas na região como o cedro (*Cedrela fissilis*), a cerejeira (*Amburana cearenses*) e a embuia (*Ocotea porosa*). Os troncos são coletados e enviados para laminação, na sua maioria, em São Paulo, através de um processo de cozimento, laminação, em máquinas especializadas, e tingimento, para se chegar a cor que se quer. Ele relata

também que já consegue fazer em Rio Branco lâminas de outras árvores como o do abacateiro (*Persea americana*), por ser uma madeira branca, fácil de recortar e dar um acabamento muito bom. Também com relação ao tingimento da madeira, o artesão tem testado e funciona muito bem o uso da tinta da recarga do pincel atômico, da anilina, substância muito utilizada em alimentos e decoração de bolos, e da tinta de impressora. Ele relata que, acima de tudo, o material para fabricação das lâminas é retirado da mata sem trazer prejuízos ao meio ambiente, pois, são madeiras de reflorestamento ou tocos de árvores que já foram abatidas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Smith (2001, p. 3), *Marchetaria*, *Marqueteria* ou *Intarsia* é a arte de produzir ou ornamentar superfícies planas de móveis, painéis, pisos, quadros ou objetos de decoração, pela aplicação de diversos materiais (finas placas de madeira colorida, metais, madrepérola, plástico, marfim) em madeira sólida. O autor afirma ainda que *marchetaria* é o uso hábil da característica cor de laminados finos de madeira e outros materiais no embelezamento de peças usadas no dia a dia ou em mera decoração. Ainda segundo o autor, “Usa-se madeira sem precisar desmatar e ainda incentiva as comunidades locais a preservar e administrar no próprio ambiente, afim de que haja um recurso contínuo”.

O termo *marchetaria*, portanto, significa a arte de cortar, encaixar e colar pedaços finos de madeira colorida e outros materiais em uma superfície sólida de madeira afim de que haja o desenvolvimento de um projeto decorativo que segue a própria tendência do autor.

O início dessa arte, definido por muitos autores como sendo uma arte milenar, é incerta, mas, foram encontradas bacias de pedra calcária datada de 3000 a.C; caixão de madeira da dinastia *Yn*, datado de 1300 – 220 a.C. e detalhes entalhados em palácios na Turquia. Hieróglifos apontam para o uso dessa arte pelos egípcios antigos, (TRIPODI, 2005, p. 15)

A partir do século XIV, a *Intarsia* ou arte dos folhados passou por grande avanço em países como a Itália, França, Alemanha e Holanda, principalmente em decorações de ambientes religiosos, prédios oficiais e objetos de decorações.

Aqui no Brasil, especificamente na Região Amazônica, deu início com a vinda dos jesuítas e foi adaptada às formas e às cores da Amazônia.

Existem dois tipos de *marchetaria*: em película que consiste em criar e aplicar desenhos feitos em finas placas de madeira colorida e em blocos que consiste em criar e aplicar desenhos em peças prontas como mesas, cadeiras, caixas e objetos de decoração.

Muitas técnicas foram desenvolvidas, mas, as principais utilizadas pelos artesãos são: *Tarsia a Toppo*: *marchetaria* maciça; utilizada na fabricação de utensílios,

objetos; *Tarsia Geométrica*: recortes feitos com motivos geométricos; utiliza-se para revestimento de móveis, caixas e mesas; *Marquiterie de Paille*: aplicação em palhas (folhas desidratadas); *Tarsia a Incastra*: recorte simultâneo das partes a serem utilizadas e *Procede Classique*: recorte separado de partes a serem aplicadas.

O que embeleza os objetos produzidos ou decorados nesta arte são os detalhes aplicados. Estes, principalmente, são lâminas produzidas a partir de raízes ou caules. São cortes em espessura fina e feito em máquinas especializadas. Esses cortes ou papéis recebem tratamento com vernizes de alto poder de cobertura e resistência, (VANDRESEN, 2014, p. 21).

Ainda segundo o autor, existem dois grupos de madeira que podem ser utilizadas na fabricação dessas lâminas: a madeira de lei, madeira mais dura e resistente como exemplo a *embuia*, cedro, a cerejeira, o mogno e o jacarandá; e a madeira branca ou mole como o cipreste e o pinheiro. É possível observar na *Figura 4* lâminas retiradas do caule da *Embuia* e do *Cedro*, plantas muito utilizadas para desenhos como o da caixa na *Figura 5*:



Figura 4: Lâminas de Embuia (*Ocotea porosa*) e Cedro (*Cedrela fissilis*)

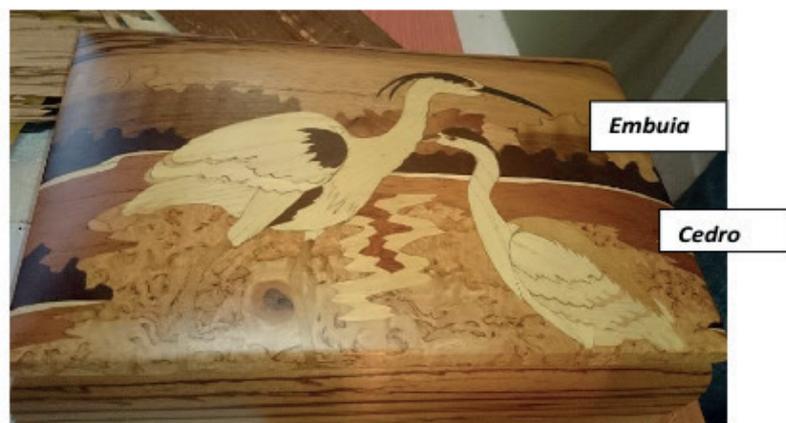


Figura 5: Caixa feita de lâminas de Embuia (*Ocotea porosa*) e Cedro (*Cedrela fissilis*)

Na extração das lâminas são valorizadas as particularidades da madeira como os nós, as configurações, os veios, as nuances de cor, a textura. Essas características

fazem com que a peça marchetada seja uma peça única, (TRIPODI, 2015).

Ainda segundo o mesmo autor, as lâminas produzidas podem ser de dois tipos: naturais, que são obtidas do desdobramento do tronco das árvores. Podem ser obtidas por torneamento e podem ser usadas para revestimento decorativo e por fraqueamento, que podem ser laminados, inteiriço ou em pedaços; as rádicas que são obtidas da parte da árvore denominada nó vital ou toco, como mostra a *Figura 6*.

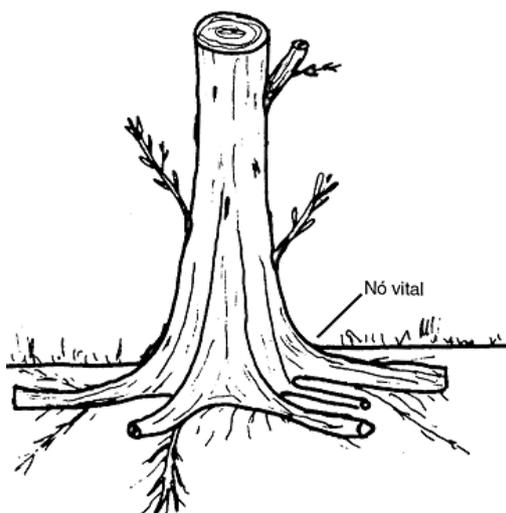
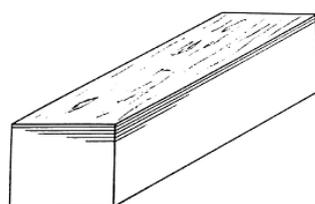


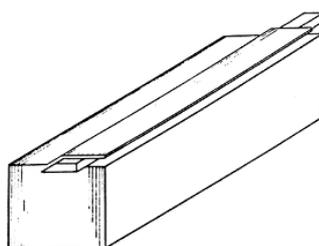
Figura 6: Nó vital em um tóco de árvore.

Fonte: TRIPODI, 2005, p.12

O tóco é limpo com jatos d'água para eliminar terra e pedras e preparado para a laminação. O outro tipo de madeira que é utilizada pelos artesãos são as compostas que são obtidas de blocos construídos a partir de lâminas de madeira de revestimento previamente tingidas, como mostram as *Figura 7 e 8*.



O bloco é formado de cerca de 1000 lâminas coladas umas às outras e prensadas.



O faqueamento das lâminas pré-compostas é igual ao das lâminas naturais.

Figura 7: Blocos de lâminas pré compostas.

Fonte: TRIPODI, 2005, p.13

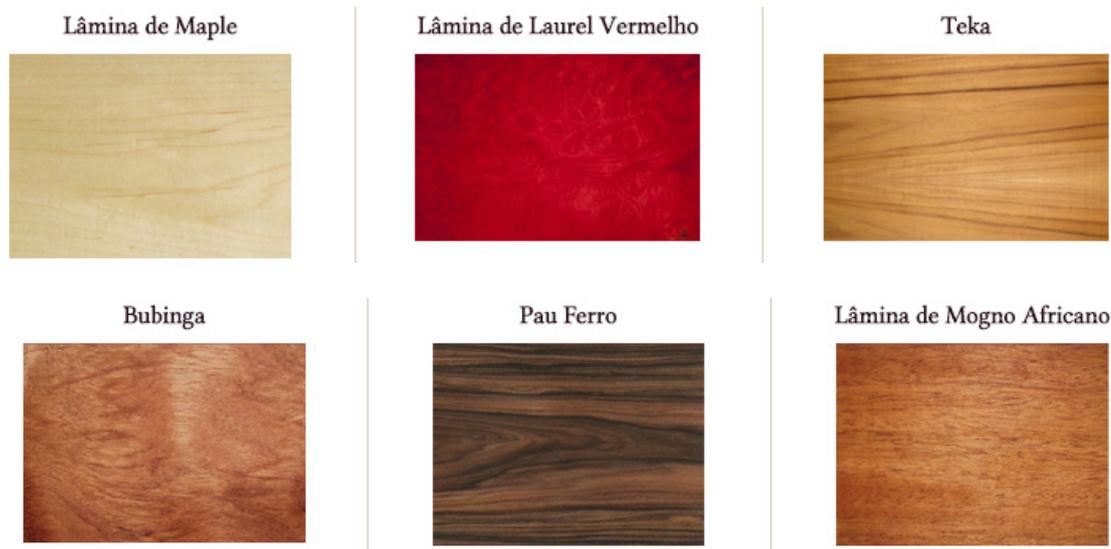


Figura 8: Lâminas de madeira utilizada na Marchetaria.

Fonte: Página da Antiqua Marchetaria.

A Química da Marchetaria: A Cor dos Vegetais.

A grande variedade de cores existentes em lâminas de madeira se dá de maneira natural através da fotossíntese ou por tingimento industrial. Na *Tabela 1* são mostradas as árvores mais utilizadas no Estado do Acre:

Madeira	Nome científico
Jatobá	<u><i>Hymenaea courbaril</i> L</u>
Cumarú	<u><i>Dipteryx odorata</i> (Aublet.) Willd., Leguminosae</u>
Imbuia linheiro	<u><i>Ocotea porosa</i> (Nees & C. Mart.) Barroso, Lauraceae</u>
Ipê	<u><i>Tabebuia spp.</i>, Bignoniaceae</u>
Cedro	<u><i>Cedrela spp.</i>, Meliaceae</u>
Angelin	<u><i>hymenolobium spp</i></u>
Cerejeira	<u><i>Torresea Acreana</i></u>
Marfim	<u><i>Balfourodendron Riedelianum</i></u>
Andiroba	<u><i>Caraba guianensis</i> Aubl</u>
Copaíba	<u><i>Copaifera langsdorfii</i></u>
Roxinho	<u><i>Peltogyne recifensis</i> Ducke</u>
Pau Ferro Catedral	<u><i>Machaerium scleroxylon</i> Tul. Fabaceal</u>
Freijó Marrom	<u><i>Cordia goeldiana</i> Huber</u>
Imbuia Pomele	<u><i>Ocotea porosa</i> (Nees ex. Mart.) Barroso</u>
Mogno Claro	<u><i>Swietenia macrophylla</i>, Meliaceae</u>
Mogno Claro	<u><i>Swietenia macrophylla</i>, Meliaceae</u>
Louro Faia	<u><i>Roupala Montana</i> Aub. Proteaceae</u>
Mogno Escuro	<u><i>Swietenia macrophylla</i> King, Meliaceae</u>
Erable Marfim (Pau Marfim)	<u><i>Balfourodendron riedelianum</i> Engl.</u>

Tabela 1: Relação de Árvores utilizadas na Marchetaria Acriana..

Fonte: Página da Antiqua Marchetaria, disponível em: < <http://www.antiquamarchetaria.com.br/loja> >

Ao se laminar um tronco é possível identificar uma diferença distinta entre o

cerne, parte vegetal responsável pelo xilema ou transporte de seiva bruta e o borne, onde se encontra o floema, responsável pelo transporte da seiva elaborada. A cor natural do cerne é geralmente mais escura que o borne e este é produzido por depósitos no cerne de vários materiais resultantes do processo de crescimento, aumentado possivelmente pela oxidação e outras mudanças químicas. A diferença na coloração da madeira se dá, portanto, aos pigmentos fosfo sintéticos produzidos pela planta ao longo da fotossíntese e a mudanças que podem ocorrer ao longo do crescimento como ataque de fungos, insetos que vão deixando cicatrizes no vegetal.

A energia luminosa utilizada na fotossíntese é captada através de pigmentos fotossintéticos – clorofila (a e b), como mostra a *Figura 9*, carotenoides e ficobilinas (ficoeritrina e ficocianina) que se constituem em pigmentos acessórios, (STREIT, 2005).

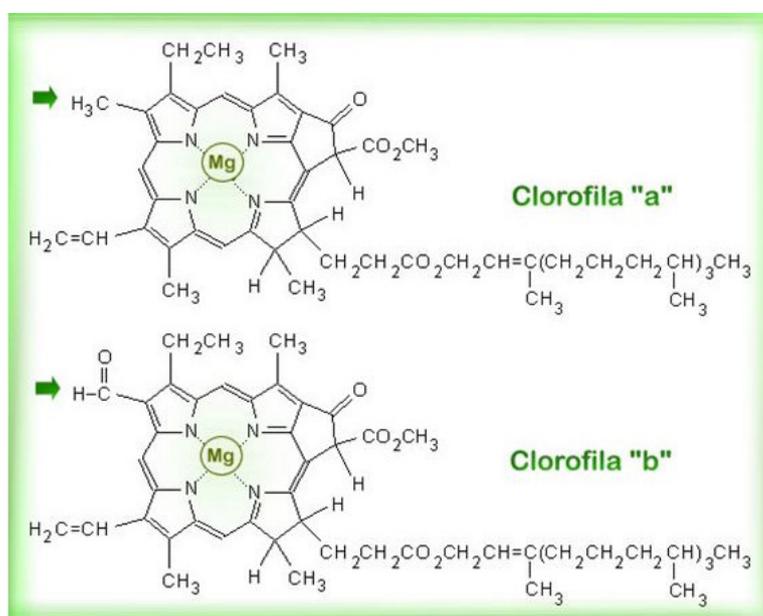


Figura 9: Estrutura Química da Clorofila a e b.

Fonte: Página do Infoescola, disponível em: < <http://www.infoescola.com/plantas/clorofila>>, acesso em 26/11/2015

A diferença na cor dos vegetais são pigmentos que vêm associados à clorofila. Cada um deles apresentam estruturas diferentes, permitindo que cada um seja capaz de captar radiações de vários comprimentos de onda no espectro de luz visível. Segundo Mendonça (2013) e Streit (2005), as cores são resultantes dos comprimentos de onda absorvidos pelos pigmentos. Assim, por exemplo a clorofila a ativasse com luz nos comprimentos de onda do azul, do violeta e do vermelho; já a clorofila b, absorve luz nos comprimentos de onda do azul e do laranja e reflete luz nos comprimentos do verde ao amarelo.

A faixa do espectro eletromagnético corresponde à luz visível, que inclui radiações com comprimento de onda com 480 - 700nm e é denominado de radiação fotossinteticamente ativa. As mais eficientes são as absorvidas pelos pigmentos nas

faixas vermelho-laranja e azul violeta do espectro, como mostra a *Figura 10*:

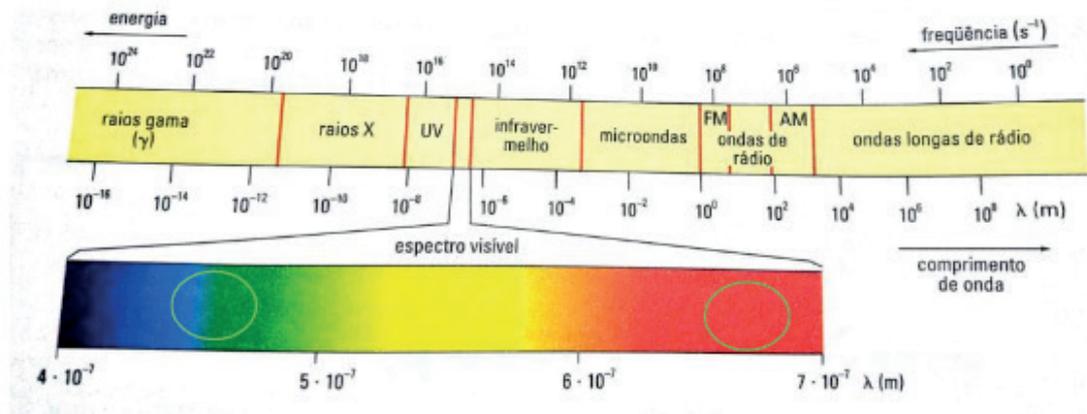


Figura 10: Comprimentos de onda de luz no espectro visível.

Fonte: LEMBO, 2004, p.88

Sobre ação da luz na pigmentação dos vegetais:

As plantas utilizam-se da radiação fotossinteticamente ativa que está compreendida entre 390 e 760nm (a chamada luz visível). Cada molécula de clorofila pode absorver apenas 1 quantum de energia de cada vez, o que causa excitação de um determinado elétron de um dos átomos da molécula. Os elétrons que estão em orbitais no estado estável do átomo recebem a energia e podem se deslocar para orbitais mais distantes do núcleo, a uma distância que é proporcional à energia de um fóton que absorveu. A molécula do pigmento encontra-se, então, no estado excitado, e é esta energia de excitação que é usada na fotossíntese. As clorofilas e outros pigmentos permanecem no estado excitado por períodos muito curtos (1 bilionésimo de segundo = 10^{-9}) e a energia é perdida por calor ou por fluorescência (STREIT, 2005, p.32 apud ROMANO, 2001).

Os carotenoides, por sua vez,

Acumulam-se em cloroplastos de todas as plantas verdes como uma mistura de a e b-carotenos, b-criptoxantina, luteína, zeaxantina, violaxantina e neoxantina, estando complexados não-covalentemente com proteínas. Os carotenóides também se encontram em microrganismos, nos quais são sintetizados pela rota metabólica dos isoprenóides. Aproximadamente 80 carotenóides diferentes são sintetizados por bactérias fotossintéticas e em alguns fungos filamentosos. As funções dos carotenóides na fotossíntese são: pigmento para absorção de luz e fotoprotetores contra danos oxidativos, (UENOJO, 2007, p. 7)

Ainda sobre a cor dos carotenóides é mascarada nas plantas verdes porque as clorofilas são mais abundantes. Distinguem-se dois tipos de carotenóides, com espectros de absorção característicos, os carotenos (ex. betacaroteno, licopeno), e as xantofilas (ex. luteína, zeaxantina, astaxantina, fucoxantina). As xantofilas distinguem-se dos carotenos pela presença de oxigênio na sua estrutura molecular. Os complexos carotenóide-proteína são geralmente mais estáveis do que os carotenóides livres, (FABRÍCIO, 2010, p. 12).

Também Ambrósio (2006) afirma que os carotenoides são tetraterpenóides, com vários graus de instauração, de coloração laranja, amarelo ou vermelho, na

Figura 11 são mostradas as estruturas dos principais carotenos:

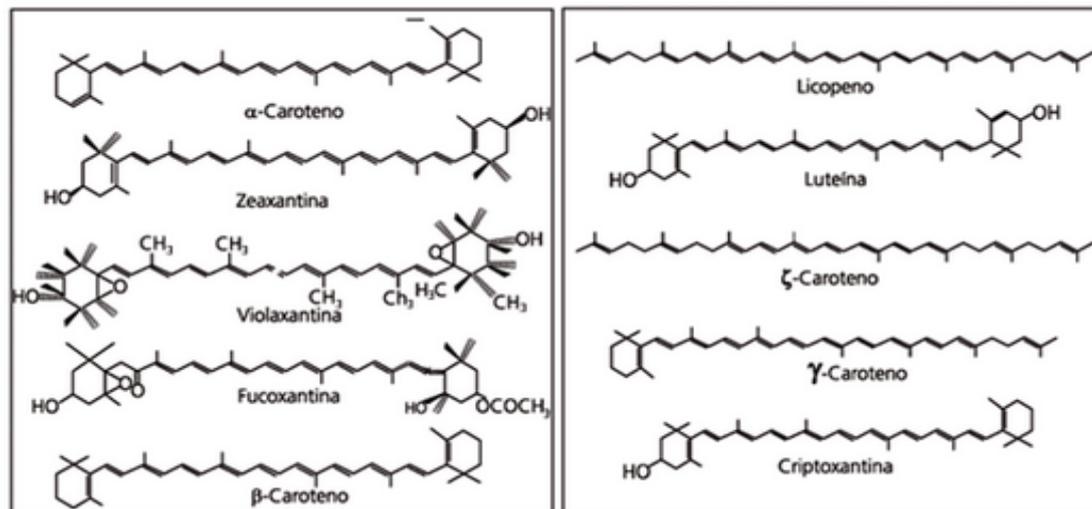


Figura 11: Estrutura de Carotenóides.

Fonte: Ambrósio, 2006, p. 24

Ainda conforme o autor: “... são compostos hidrofóbicos, lipofílicos, insolúveis em água e solúveis em solventes, como acetona, álcool e clorofórmio”.

Segundo Oliveira:

Os carotenóides são responsáveis pela pigmentação amarela, laranja e vermelha de vegetais e de alguns animais. Geralmente são tetraterpenóides com 40 átomos de carbono e se classificam em dois grupos básicos: carotenos e xantófilos¹. Sua característica mais acentuada é a cadeia central longa com sistema de duplas ligações conjugadas, grupo cromofórico responsável pela absorção de luz. (2008, p. 2).

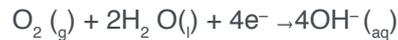
Outra forma de se obter laminados coloridos é o processo de tingimento que pode ser feito de várias formas segundo Smith (2001, p. 33): através da reação dos sais de ferro na água com taninos que ocorrem naturalmente em alguma madeira para produzir combinações de cores escuras. O tingimento caseiro pode ser feito banhando as peças em sulfato ferroso (FeSO_4) ou solução feita com prego (Fe) e vinagre (ácido acético) comercialmente disponível. A coloração conseguida é resultado de uma reação de oxirredução. Sobre esta reação, Palma e Tiera (2003, p.3) explicam que o ferro é oxidado a Ferro II, que é catalisada pelos íons do H^+ e Cl^- presentes na solução ácida do vinagre:



Os íons Ferro (II) são posteriormente oxidados para formar os íons férricos, Ferro(III):



Para a formação de óxido de ferro, são necessários água e oxigênio, substâncias que serão utilizadas nas etapas subsequentes das reações. Os elétrons produzidos em ambas as etapas de oxidação são usados para reduzir o oxigênio, como expressa a seguinte equação:



Os íons férricos combinam-se com oxigênio para formar óxido de ferro(III). Em seguida, o óxido é hidratado com várias moléculas de água, resultando na coloração castanha. A reação completa é:



Além destas técnicas, pode ser citado o uso de corantes de tecido, alvejantes - como o hipoclorito de sódio (NaClO) ou a aplicação de tinturas em vegetais para se obter cores mais naturais. O importante é ter um projeto definido, e a partir desta etapa, escolher as lâminas adequadas.

Outra forma de dar coloração ou efeito sombreado à peça é o de areia quente. Para isto é necessário uma areia fina e clara que será aquecida, passando pelo processo de fusão, e aplicada à peça.

CONCLUSÃO

O conhecimento da marchetaria e o reconhecimento de uma arte que vem sendo desenvolvida pela humanidade e que na fabricação de peças de decoração há a possibilidade de desenvolver um olhar Químico diferenciado fez com que, esta pesquisa atingisse os objetivos definidos.

O papel da escola e da Química, portanto é ensinar de maneira sensível à relação teoria-prática, contemplando possibilidades de negociação entre os diferentes recursos, implantando assim a ideia de educação científica e completa. Entende-se que dentro dessa diversidade de recursos citados abrange o conhecimento da natureza dos pigmentos utilizados, das técnicas de pigmentação e feitos que são aplicados na fabricação de peças marchetadas, ou seja, o conhecimento popular relacionado com o conhecimento científico.

O ensino da química precisa passar por uma quebra de paradigmas. Em geral, discussões acerca do ensino de Química envolve história e quebra de paradigmas. Novas proposições e novos pontos de vista surgiram com o advento das novas tecnologias aplicadas à educação. A prática docente precisa deixar de ser alicerçada

em teorias e dogmas tradicionais e modificar-se diante das novas demandas educacionais. O aluno, mero receptor passivo de conhecimentos, não pode ser mais adestrado em um currículo fechado e entre teorias, muitas vezes ultrapassadas, que falsamente fazem parte de ser formação.

O ensino da Química precisa contribuir com o que afirma Moraes (2011, p.12) quando afirma que é preciso o resgate de um ser humano que se aprende e que atua na sua realidade, que constrói o conhecimento não apenas usando o seu lado racional mas, as sensações, os sentimentos e emoções.

Para atender a esta demanda, o uso de conhecimentos tradicionais culturalmente produzidos ao longo da história da humanidade, como a Marchetaria, vem contribuir para o ensino de Química mais dinâmica e transdisciplinar. Pois, agrega valores químicos – conceitos, fórmulas; biológicos – conhecimentos etno-botânicos e releitura do mundo a partir de conhecimentos construídos em sala de aula.

Portanto, o presente trabalho visou contribuir demonstrando que é possível, a partir de situações do cotidiano ou diferenciadas como observar uma peça de arte, visualizar a presença de conhecimentos químicos aprendidos em sala de aula.

REFERÊNCIAS

AMBRÓSIO, Carmem Lygia Burgos. **Carotenóides como alternativa contra a hipovitaminose A.** Rev. Nutr. vol.19 no.2 Campinas Mar./Abr. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-52732006000200010>. Acesso em 28 de julho de 2015, 21:35:00.

CHASSOT, Ático. **Para quem é útil o ensino?** – 2 ed. – Canoas: ed. ULBRA,2004.

GUIEDES, Antônio Carlos. ARRUDA, Rinaldo S.V. **Saberes Tradicionais e Biodiversidade no Brasil.** – Brasília: Ministério do Meio Ambiente; São Paulo: USP, 2001.

LEMBO, Antônio. **Química: Realidade e Contexto.** 3ª ed. Editora Ática, São Paulo: 2004. (p. 88-89).

FABRÍCIO Alessandra. **O Estudo do Comportamento de Alguns Pigmentos Vegetais.** Artigo Científico. IFAC. Pernambuco: 2010. Artigo Científico. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAXZUAB/estudo-comportamento-dos-pigmentos>>. Acesso em 28 de julho de 2015, 20:00:00.

Luz e fotossíntese. Disponível em <<http://www.sobiologia.com.br/conteudos/bioquimica/bioquimica12.php>>. Acesso em 27 de julho de 2015, 19:00:00.

LEAL, Régis Casimiro. NETO, José Machado Moita. **Amido: Entre a Ciência e a Cultura** Vol. 35, Nº 2, p. 75-78, Maio, 2013.

LEMBO, Antônio. **Química Realidade e Contexto.** São Paulo: Ática, 2004.

OLIVEIRA, Vanessa E. de . SIQUEIRA, Laís K. Luiz Fernando C. de. **Utilização da espectroscopia Raman para caracterização de carotenóides em produtos naturais.** Artigo Científico. Núcleo de Espectroscopia e Estrutura Molecular - Departamento de Química – ICE. Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora – MG. Disponível em: <<http://sec.sbjq.org.br/cdrom/31ra/resumos/T0235-1.pdf>> Acesso em 27/11/2015.

MATINEZ, Marine. **Clorofila**. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/plantas/clorofila/>> Acesso em 27 de julho de 2015, 20:00:00.

MENDONÇA, Vivian L. *Biologia: os seres vivos*. V.2 2 ed. – São Paulo: Ed. AJS, 2013. (p. 149).

PALMA, Maria Helena Cunha. TIERA, Vera Aparecida de Oliveira. *Oxidação de Metais*. Artigo Científico. N° 18, NOVEMBRO 2003. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc18/A12.PDF> Acesso em 26/11/2015.

PINHEIRO, Paulo César. GIORDAN, Marcelo. **O preparo do sabão de cinzas em Minas Gerais, Brasil: do Status de Etnociência à sua Medição para a sala de aula Utilizando um Sistema Hipermídia Etnográfico**. *Investigação em ensino de Ciências – V15(2)*, pp. 355 – 383, 2010.

SANTOS, W.L.P.dos; SCHNETZLER, R.P. **Educação em química: compromisso com a cidadania**. 3.ed. Ijuí:Unijuí,2003.

SILVA, Maquerson P. *Marchetaria – Arte da Floresta*. Disponível em <http://www.maquersonmarchetaria.com/>, acesso em 26/11/2015.

SIMÕES, C.M.O. et al. (org.). **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. Porto Alegre/ Florianópolis, Ed. Universidade UFRGS/Ed. da UFSC, 1999.

SMITH, Quentin. **Marchetaria: um guia para Iniciantes**. Traduzido por Mário Rubem.1995 Disponível em: <http://www.artedamarchetaria.com/tutoriais/marchetaria-um_guia_para_iniciante.pdf> Acesso em 27 de julho de 2015, 18:30:00.

STREIT, Nívia Maria. **Clorofilas**. Artigo Científico. *Cienc. Rural* vol.35 no.3 Santa Maria May/junho 2005, Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782005000300043&script=sci_arttext. Acesso em 27 de julho de 2015, 21:30:00.

O que é Marchetaria, disponível em: <<http://www.3.50megs.com/oqueemarchetaria/htm>> Acesso em 15 de Julho de 2015, 16:30:30.

TRIPODI, Antônio. **Marchetaria: materiais e ferramentas, técnicas de trabalho, marchetaria em lâminas, blocos, projetos**. São Paulo: CTT. Cultural, 2005.

WIKIPÉDIA. Desenvolvido pela Wikimedia Foundation. Apresenta conteúdo enciclopédico. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Marchetaria>.

UENOJO, Mariana. **Carotenóides: propriedades, aplicações e biotransformação para formação de compostos de aroma**. *Quím. Nova* vol.30 no.3 São Paulo Maio/junho 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422007000300022&script=sci_arttext>. Acesso em 26/07/2015, 16:30:30.

VANDRENSSEN, Gabriel. **Marchetaria**. UFPR – 2014. Disponível em: <<http://www.pt.slideshare.net/gabrielvandrensen1/marchetaria/nxt-slideshow=1>> Acesso em 25/07/2015, 16:00:30.

A UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO SUPERIOR

Robert Mady Nunes

Instituto Federal do Tocantins - IFTO
Dianópolis - TO

Wilmar Borges Leal Júnior

Instituto Federal do Tocantins - IFTO
Dianópolis - TO

Marcos Dias da Conceição

Instituto Federal do Tocantins - IFTO
Dianópolis - TO

Valber Sardi Lopes

Instituto Federal do Tocantins - IFTO
Dianópolis - TO

Greice Quele Mesquita Almeida

Instituto Federal do Tocantins - IFTO
Dianópolis - TO

Andrea Barboza Proto

Instituto Federal do Tocantins - IFTO
Dianópolis - TO

Helaís Santana Lourenço Mady

Universidade Norte do Paraná - UNOPAR
Dianópolis - TO

Suzane Aparecida Cordeiro

Centro Universitário Internacional - UNINTER
Dianópolis - TO

RESUMO: O presente artigo de revisão tem como objetivo apresentar os resultados obtidos a partir da análise realizada dos trabalhos selecionados no Simpósio Brasileiro de

Informática na Educação (SBIE), dos últimos 7 anos, que estão relacionados a tecnologias que dão apoio aos processos de ensino e de aprendizagem em instituições de ensino, principalmente em cursos de nível superior. Acredita-se, com a realização desta proposta, ser possível verificar o potencial do uso de ferramentas virtuais, como os ambientes virtuais de aprendizagem (AVAs), alicerçando a construção do conhecimento.

PALAVRAS-CHAVE: AVA, ensino superior, tecnologia na educação.

THE USE OF TECHNOLOGIES IN HIGHER EDUCATION

ABSTRACT: The purpose of this review is to present the results obtained from the analysis carried out on the work of the Brazilian Symposium on Informatics in Education (SBIE) of the last 7 years related to technologies that support teaching and learning processes in educational institutions, especially in higher education courses. With this work, it is believed possible to verify the potential of the use of virtual tools, such as virtual learning environments (VLEs), in the construction of knowledge.

KEYWORDS: VLE, higher education, technology in education.

1 | INTRODUÇÃO

Com todo avanço tecnológico e o grande volume de informação disponibilizada na rede mundial de computadores, nos últimos anos, as instituições de ensino têm tentado se adequar à nova realidade em qual está envolta, adotando mecanismos que possibilitem a otimização dos processos de ensino e aprendizagem. Perante isso, a utilização de tecnologias nas instituições de ensino, principalmente nas que possuem cursos superiores, tenta diminuir a distância entre aluno e professor, proporcionando que a educação se torne mais acessível às pessoas que a busquem.

Nesse viés, as tecnologias digitais vêm se tornando fundamentais para a adoção de novas metodologias e práticas educacionais que visam colaborar para o aprimoramento da construção do conhecimento. Para tanto, com as facilidades trazidas pelas tecnologias digitais, a utilização de ambientes virtuais de aprendizagem tem se tornado uma realidade acessível para as instituições de ensino, sendo fundamentais para a disseminação do conhecimento, uma vez que torna possível que vários recursos educacionais estejam acessíveis em apenas um ambiente.

Diante disso, o presente artigo tem como objetivo apresentar a análise sobre trabalhos relacionados a tecnologias que apoiem os processos de ensino e aprendizagem de instituições de ensino, dando prioridade a trabalhos que puderam ou podem dar suporte à formação superior. Dessa forma, para a construção da análise, foram pesquisados eventos científicos, dos últimos 7 anos, com a finalidade de se escolher um evento que possua publicações de artigos científicos relacionados ao uso das tecnologias digitais voltadas para educação, que favoreçam o uso de ambientes virtuais de aprendizagem.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção apresenta-se os conceitos que caracterizam as tecnologias digitais voltadas para a educação, assim como serão apresentados os conceitos que caracterizam os ambientes virtual de aprendizagem (AVAs).

2.1 Tecnologias Digitais Voltadas para Educação

Nos moldes educacionais dos dias de hoje o professor assume uma função diferente do que era adotado até pouco tempo atrás, onde o mesmo era a fonte de todo o conhecimento. No caso, atualmente, os professores podem utilizar uma variedade de tecnologias para construir suas metodologias e práticas pedagógicas visando a transformação da informação em conhecimento (SERAFIM; SOUSA, 2011).

Para Moran (2013), as tecnologias digitais, voltadas para a educação, possibilitam que sejam disponibilizados arquivos de texto, apresentações, vídeos, compartilhamento de documentos e outros recursos, por meio da internet,

proporcionando ao professor a otimização do seu tempo, que antes era gasto com repasse de informações, focando apenas nas atividades que sejam criativas e atrativas para os alunos.

Um novo tempo, um novo espaço e outras maneiras de pensar e fazer educação são exigidos na sociedade da informação. O amplo acesso e o amplo uso das novas tecnologias condicionam a reorganização dos currículos, dos modos de gestão e das metodologias utilizadas na prática educacional (KENSKI, 2004, p.92).

Diante desse atual cenário, é preciso que o professor conheça as novas tecnologias para que seja possível trabalhar os conteúdos de forma interativa e lúdica, com a finalidade de nortear o contexto em que o aluno está inserido. Com isso, o professor deixa de ser o objeto principal do processo de ensino e passa a ser o mediador que ajudará no desenvolvimento do aluno (LIMA; MOITA, 2011).

2.2 Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA)

De acordo com Moran, Masetto e Behrens (2015), as tecnologias digitais trazem facilidades para a comunicação e divulgação através da internet. Para tanto, existem as tecnologias digitais mais preparadas para serem aplicadas na educação, como os AVAs, que possibilitam o melhor controle das etapas a serem cumpridas sobre um determinado curso, assim como o controle de acesso ao conteúdo.

Kenski (2013) argumenta que os ambientes virtuais de aprendizagem são considerados um espaço educacional que possui funcionalidades que lhe garante a condição de ambiente de convergência, acessando a tudo que possa estar presente na internet, garantindo a aprendizagem das pessoas sobre assuntos que desejarem.

Nesse contexto, os AVAs se apresentam como sistemas informatizados robustos, compostos por uma gama de programas, que possibilitam a utilização de conteúdos em vários formatos, como textos, imagens, áudios e vídeos. Além disso, os ambientes virtuais de aprendizagem possibilitam aprendizagens lúdicas, através de jogos e desafios, que, através da colaboração, proporciona a vivencia e a incorporação de novos valores, atitudes e habilidades (MUNHOZ, 2013; KENSKI, 2013).

Segundo Almeida (2003), os ambientes virtuais de aprendizagem se apresentam como suportes essenciais para o ensino a distância. Pois, além de possibilitar o apoio as atividades presenciais, em sala de aula, tornam viável a expansão das interações das aulas além do tempo e espaço, ou seja, possibilita também o apoio as formações semipresenciais.

3 | METODOLOGIA

O presente trabalho tem como finalidade realizar um artigo de revisão sobre trabalhos referentes a tecnologias no apoio ao ensino e aprendizagem. Dessa maneira,

para o desenvolvimento da proposta, foram realizadas buscas de artigos científicos que apresentam tendências na área de tecnologias. Tal tendência é escolhida pela forma como as atuais tecnologias tem se apresentado no cenário mundial e, conseqüentemente, no cenário educacional. Assim, a utilização dos componentes tecnológicos se torna importante para o processo de ensino e aprendizagem, por possibilitar que recursos virtuais se tornem os responsáveis pela construção do conhecimento.

Nesse sentido, buscou-se identificar eventos científicos que abordassem a tendência supracitada. Consecutivamente, após várias análises de eventos, definiu-se que os artigos científicos a serem utilizados para o desenvolvimento do artigo de revisão seriam extraídos dos anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE), do Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE), que é um evento, de caráter internacional, da Sociedade Brasileira de Computação (SBC), que ocorre anualmente, desde 1990, e que tem por objetivo divulgar a produção científica de trabalhos que apresentem contribuições relacionadas a utilização de tecnologia voltadas para a Educação (SBIE, 2016).

3.1 Seleção dos Artigos

Para o refinamento de seleção dos artigos científicos na base de trabalhos do SBIE, foram utilizadas as palavras-chave: Tecnologia na Educação, AVA e Ensino Superior. As palavras-chave foram escolhidas na perspectiva de extrair trabalhos já realizados em cursos, sobretudo de nível superior, que utilizaram ferramentas tecnológicas para o aprimoramento dos processos de ensino e aprendizagem, por meio de ambientes virtuais de aprendizagem, que fomentaram a interação entre professores e alunos.

Com o intuito de deixar o trabalho bem fundamentado, definiu-se que seria extraída a informação de 10 artigos científicos completos do evento, a serem contextualizados na sequência, que possuam as principais características já citadas. Nessas condições, formou-se a convicção de que a seleção dos artigos estaria compreendida entre os anos de 2011 e 2017, ou seja, nos últimos 7 anos, para que o presente trabalho demostre informações atualizadas.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente, na base de dados dos anais do SBIE, identificou-se que no período de 2011 a 2017 foram aceitos 1070 trabalhos, os quais estão divididos por ano na Figura 1. Para tanto, tal evento aceita artigos resumidos, de 4 a 5 páginas, e artigos completos, de 8 a 10 páginas.



Figura 1 - Quantidade de trabalhos aceitos, por ano, no SBIE de 2011 a 2017.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Diante desse cenário, buscou-se, com base nas estratégias de seleção adotadas, iniciar a busca a partir de artigos que possuíssem relação com cada palavra-chave (Tecnologia na Educação, AVA e Ensino Superior), de forma individual. Dessa maneira, foi possível identificar uma quantidade relevante de trabalhos, como mostra a Figura 2.



Figura 2 - Quantidade de trabalhos de cada palavra-chave.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Entretanto, com a finalidade de deixar a busca dos trabalhos homogêneo, para a construção da revisão, foi necessário, ainda, analisar individualmente cada um dos 167 artigos encontrados, a fim de excluir os trabalhos que não possuíssem relação com as palavras-chave combinadas ou que fossem artigos resumidos. Nesse contexto, com todo o processo de escolha dos artigos, serão apresentadas, a seguir, no Quadro 1, as sínteses dos artigos selecionados, visando mostrar seus objetivos, aplicações e resultados. Para que dessa forma possa se verificar o potencial do uso das tecnologias digitais, no apoio as estratégias de ensino e aprendizagem, na educação, sobretudo focando no ensino superior.

Autores	Objetivos e Aplicações	Resultados
Silva et al. (2011)	Relatar a experiência de transposição da modalidade presencial para a semipresencial, por meio de um AVA, da disciplina de Informática Instrumental de diversos cursos da Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Onde, a população do experimento contou com 350 alunos de 7 cursos diferentes da UFAM. Já as aulas foram divididas em 17% de aulas presenciais e 83% de aulas a distância.	O experimento aponta questões positivas, como a importância de ter atualizado, reavaliado e reestruturado os conteúdos da disciplina no AVA, e negativas, como distribuir melhor os encontros presenciais durante o curso, organizar melhor as formas de avaliação no AVA e definir melhor estratégias para diminuir o impacto que a heterogeneidade das turmas provoca.
Mello e Gobara (2014)	Verificar se as estratégias colaborativas de ensino utilizando o AVA LAFIS (Laboratório de Aprendizagem Colaborativa de Física), potencializadas pelas interações entre os estudantes, favorecem a aprendizagem. Para tanto, experimento contou com uma população de 20 alunos, divididos em 10 duplas, e ocorreu em 4 etapas, organizadas em 6 aulas de 45 minutos.	As análises das fontes de dados pesquisadas sugerem que o LAFIS favorece a interação colaborativa entre os estudantes. O que é confirmado pelos experimentos realizados no AVA, uma vez que os estudantes que receberam auxílio dos seus pares conseguiram resolver as questões propostas pelo professor, assim como os casos de ambos membros de um mesmo grupo, que não compreendiam ou não sabiam como solucionar o problema, obtiveram êxito ao receberem auxílio do professor, através do LAFIS.
Ramos e Pimentel (2015)	Apresentar o VirtuaLabQ, um ambiente com elementos de gamificação para apoiar a prática experimental de Transformações Químicas. Sendo que, o experimento foi realizado com 32 alunos, de 4 turmas, da disciplina de Transformações Químicas do curso de graduação em Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do ABC.	Foi identificado que para 87% dos alunos o uso inicial do VirtuaLabQ proporcionou facilidades para os experimentos posteriores, no laboratório real, além de proporcionar uma motivação a mais por utilizar pontuações e ranking de desempenho, com a gamificação. Outras identificações foram referentes as satisfações, com o VirtuaLabQ, em relação a usabilidade (69%), contribuição para o aprendizado (75%) e similaridade dos equipamentos utilizados nos ambientes (80%). Por fim, foi constatado que 67% dos alunos afirmaram ter a necessidade de realizar o experimento no laboratório real, em vista de algumas limitações que o laboratório virtual ainda possui.
Lima e Tavares (2015)	Ampliar o acesso dos deficientes visuais, de modo a permitir a eles o uso de plataformas de ensino a distância. Logo, para o desenvolvimento do trabalho, foram selecionadas 10 pessoas, com diferentes níveis de formação, que possuem capacidade visual prejudicada, para trabalhar com o protótipo desenvolvido.	Os experimentos com o protótipo de AVA inclusivo, apontaram dificuldades iniciais, normais para deficientes visuais, como liberar o uso do microfone para utilizar as instruções vocais da aplicação, entretanto, após a aprendizagem de seu uso, os resultados dos testes mostraram-se satisfatórios. Mesmo assim, 3 das 10 pessoas apontaram como ponto negativo a falta de retorno imediato, que gerava incertezas momentâneas no manuseio do protótipo. Contudo, a avaliação de usabilidade do AVA atingiu 80% de satisfação.
Teixeira et al. (2017)	Avaliar a utilização de um ambiente virtual chamado ManejoSoja3D, utilizado para o auxílio do acompanhamento do desenvolvimento de plantação de soja e para o crescimento celular de pequenos organismos multicelulares, conhecidos como <i>L-System</i> .	Foi concluído que o ambiente virtual proposto é uma alternativa satisfatória aos processos de ensino e de aprendizagem, em relação aos conceitos de crescimento da soja e análise de solo. Pois, o que é empregado em livros ou está defasado ou não condizem com a realidade, reforçando ainda mais a importância do uso de ferramentas computacionais na educação e apoio a decisão

Silva et al. (2017)	Apresentar a metodologia de <i>design</i> centrado no usuário e da avaliação da usabilidade de um ambiente virtual no apoio ao processo de ensino e aprendizagem da anatomia humana, baseado nos conceitos de gamificação e realidade virtual, para alunos da área da saúde. Dessa forma, foi realizado o desenvolvimento um jogo educacional que ajudasse a 7 alunos de graduação, dos cursos de saúde de uma faculdade de Recife, na compreensão do funcionamento da anatomia do sistema urinário.	O projeto da plataforma Anatomia digital trouxe melhorias significativas para a aprendizagem dos estudantes, que participaram do experimento, ao utilizar tecnologias em formato gamificado, imersivo e interativo. Observou-se também que, além de possibilitar vantagens para a aprendizagem, o projeto possibilita, através de um ambiente realístico, a adoção de novas metodologias de ensino aos professores.
Ogawa, Klock e Gasparini (2017)	Aprimoramento da gamificação de um ambiente de aprendizagem por meio da adição de elementos comparativos da gamificação, buscando aumentar a interação e satisfação dos estudantes. Sendo que, a população do experimento foi formada por 77 estudantes, divididos em dois grupos, denominados de controle e experimental. Onde, foi-lhes permitido acesso, durante 7 dias, a mais de 200 objetos de aprendizagem para realizarem as atividades existentes.	Identificou-se que, embora os membros do grupo de controle terem realizado mais acesso ao ambiente, o grupo experimental teve maior média de interações na resolução e acertos dos exercícios. Já o questionário de satisfação, com os dois grupos, identificou que a gamificação teve influência neutra na interação e na comunicação e influência positiva no desempenho e na satisfação dos estudantes.
Lima e Siebra (2017)	Implementar um recurso computacional, chamado CollabEduc, cujo objetivo era motivar a colaboração entre participantes ao longo de atividades educacionais. Diante disso, para a validação do ambiente participaram 134 alunos, de 4 turmas, do Ensino Superior que foram divididos em pequenos grupos de estudo, com 4 a 5 estudantes.	Identificou-se que os estudantes foram receptivos ao conceito de grupos de estudo colaborativos, assim como acharam satisfatório o uso de uma ferramenta virtual para grupos de estudo. Nesse mesmo sentido, os resultados extraídos, das estratégias de avaliação adotadas, identificaram que através da colaboração houve consenso e êxito na resolução de atividades, motivação para que cada aluno realizasse sua interação e evolução na aprendizagem.
Ramos et al. (2017)	Apresentar um modelo de Trilhas de Aprendizagem (TAs), baseado em relações de interação entre aluno e AVA, que pudesse ser utilizado como modelo de aprendizagem. Nesse sentido, para a construção do modelo foram utilizados dados de interações registradas no banco de dados do AVA, de 113 alunos, de 5 turmas já encerradas.	O modelo proposto poderia prever a aprovação ou a reprovação com mais de 90% de certeza, para a disciplina de ICC (Introdução a Ciência da Computação). Para a disciplina de MD (Matemática Discreta) a previsão de acerto de aprovação ou reprovação ficaria por volta de 70%. Um outro apontamento extraído dos experimentos foi que os grupos formados pelas TAs tiveram resultados mais satisfatórios do que os grupos formados pelos próprios alunos.
Ishikawa et al. (2017)	Analisar a utilização do objeto educacional de ensino colaborativo, chamado Collabora, como ferramenta que permite o desenvolvimento de atividades de interação e avaliação da colaboração entre os estudantes. Para tanto, a pesquisa experimental foi realizada na disciplina de Probabilidade e Estatística do curso de Ciência da Computação, que contou com 41 alunos, divididos em grupos de 2 ou 4 integrantes.	As extrações dos resultados de avaliação, do trabalho, iniciaram-se a partir da colaboração entre os membros dos grupos de alunos. Com isso, foram disponibilizadas as conversas dos alunos, pelo <i>chat</i> , ao professor da disciplina, para que fosse possível avaliar a atuação individual e em grupo dos alunos. Além disso, também, foi disponibilizado dados estatísticos ao professor, a fim de realizar análises precisas sobre a interação de cada aluno, além de possibilitar que novas propostas de atividades em grupos sejam construídas.

Quadro 1 - Síntese dos 10 artigos.

4.1 Reflexões e considerações sobre os artigos

Com toda a análise realizada, sobre os artigos supracitados, percebeu-se que alguns dos trabalhos ainda se encontram em fase de proposta, como o trabalho de Lima e Tavares (2015), ou em fase de aplicação, como o trabalho de Teixeira et al. (2017), mas que já apresentaram alguns resultados, necessitando apenas de adequações em seu desenvolvimento. Assim como, foram identificados trabalhos que já realizaram experimentos com um número expressivo de pessoas e cursos, como os trabalhos de Ramos e Pimentel (2015), com 32 estudantes de 4 turmas, de Ogawa, Klock e Gasparini (2017), com 77 estudantes de 8 cursos, de Ramos et al. (2017), com 113 estudantes de 3 turmas, de Lima e Siebra (2017), com 134 estudantes divididos em 4 turmas, e de Silva et al. (2011), com cerca de 350 estudantes de 7 cursos.

Em relação aos trabalhos desenvolvidos, com um número elevado de pessoas, foi observado que o uso de um AVA proporcionou a junção de alunos de diferentes cursos, que tinham o mesmo conteúdo de estudo. Demonstrando assim, virtudes ao se adotar o uso de AVAs, para a otimização dos trabalhos dos professores, uma vez que ao invés de cada curso possuir um ou alguns professores para ministrar uma disciplina, que é comum a vários cursos, é possível que a partir da união de alguns professores possa se agregar conhecimentos e construir um ambiente rico em práticas educacionais.

Além disso, foi possível constatar que o ensino centrado em AVAs possibilita facilidades para as interações entre aluno e professor, uma vez que o atual cenário em que os professores se inserem, com alta demanda de trabalho, por terem inúmeras disciplinas e/ou inúmeras turmas de alunos, não torna possível dispor muito tempo fora da sala de aula para o atendimento ao aluno. Assim como, o atual cenário em que os alunos estão inseridos, onde muitos deles precisam trabalhar para poderem manter seus estudos, não dispendo de muito tempo para se concentrarem no que é pedido pelo professor. Com isso, a utilização de espaços que proporcionam alternativas à falta de tempo, tanto de professor quanto de aluno, é de grande utilidade.

Tão importante quanto ao que foi destacado anteriormente, outros trabalhos selecionados, para a construção desta revisão, chamam a atenção por terem abordado temas que são fontes de vários estudos e que podem estar presentes em diferentes níveis da formação acadêmica, além do ensino superior. Nesse ponto, destacaram-se os trabalhos realizados por Lima e Tavares (2015), sobre educação assistiva para deficientes visuais, e Mello e Gobara (2014), sobre o ensino de conteúdos da disciplina de Física.

Em resumo, o trabalho de Lima e Tavares (2015) aponta uma alternativa de acessibilidade para a educação a distância de pessoas com problemas visuais. Tal

proposta chama a atenção por ter realizado experimentos com pessoas de níveis de formação diferentes, do fundamental ao ensino superior, mostrando que algumas ferramentas digitais podem ser utilizadas para o aprimoramento do ensino e da aprendizagem em vários cenários da educação do indivíduo, além de possibilitarem a inclusão de pessoas com algum tipo de limitação.

Já o trabalho realizado por Mello e Gobara (2014) utiliza o AVA LAFIS para o ensino de conteúdos de física. Como se sabe, a disciplina de física possui um alto índice de reprovação, e conseqüentemente de retenção, e está presente em vários níveis da formação acadêmica do indivíduo, até mesmo em cursos técnicos, onde foi foco do trabalho. Dessa forma, trabalhos como este, estruturados de acordo com o que se pede para a formação do aluno, podem trazer benefícios significativos, começando no ensino fundamental até chegar ao nível superior. Sem contar que ao se encontrar facilidades na aprendizagem dos conteúdos de física, logo no início da formação acadêmica, as dificuldades com os novos conteúdos tendem ser facilmente resolvidas.

Nesse viés, de adoção da tecnologia para minimizar os impactados causados por disciplinas com altos índices de reprovação e retenção, e possivelmente evasão, os trabalhos de Lima e Siebra (2017) e Ogawa, Klock e Gasparini (2017) propõem experimentos com ambientes virtuais que buscam o aprimoramento dos processos de ensino e de aprendizagem de disciplinas de programação, proporcionando um espaço robusto para a construção do conhecimento e correção de problemas. Desta forma, as propostas se apresentam interessantes, pois, mesmo sendo disciplinas presentes em cursos da área de exatas, principalmente em cursos da área de Tecnologia da Informação, onde imagina-se que os alunos possuam conceitos de raciocínio lógico apurados, são disciplinas que necessitam de uma atenção maior por parte dos professores para com os alunos, devido aos seus altos níveis de dificuldades e particularidades.

Com ideia semelhante, de aprimorar os conhecimentos de conteúdos que possuem particularidades, os trabalhos de Teixeira et al. (2017) e Silva et al. (2017) se apresentaram como alternativas válidas por simular, virtualmente, eventos do mundo real. O trabalho de Teixeira et al. (2017) utilizou um ambiente virtual para acompanhar o desenvolvimento da plantação de soja. Já o trabalho de Silva et al. (2017) objetivou a construção de um jogo educacional para auxiliar os alunos da saúde a compreenderem a anatomia do sistema urinário. Com isso, é possível destacar que o uso de simulações como prática educacional se torna essencial, pelo fato de poderem ser facilmente acessadas pelos alunos, principalmente em instituições de ensino que não dispõem de laboratórios físicos para o desenvolvimento do conteúdo que se propõem.

Um outro ponto relevante, identificado durante a análise dos artigos, foi a construção do conhecimento com base na interação entre alunos, e com mediação do professor, como descritos nos trabalhos de Mello e Gobara (2014), Lima e Siebra

(2017), Ramos et al. (2017) e Ishikawa et al. (2017). Nesse contexto, a possibilidade dos alunos desenvolverem atividades em conjunto, com auxílio do professor, é ampliada quando se utiliza um AVA, pois, a partir de então, não há necessidade de que a resolução da atividade ocorra quando os estudantes estiverem no mesmo local, mas sim de onde os estudantes se encontrarem, trazendo facilidade, baseadas na mobilidade, para a aprendizagem.

Assim, também é interessante destacar a presença do uso da gamificação em trabalhos que envolvam o uso da tecnologia na educação. Dessa maneira, a proposta do uso da gamificação é explorada por Ramos e Pimentel (2015), Ogawa, Klock e Gasparini (2017) e por Silva et al. (2017) como um incentivo a mais para a participação dos alunos no desenvolvimento das práticas pedagógicas. Uma vez que a incorporação de mecanismos presentes no cotidiano dos nativos digitais na educação tem como finalidade o estímulo para o desenvolvimento do conhecimento.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho teve como objetivo apresentar a análise sobre trabalhos relacionados a tecnologias que apoiem os processos de ensino e aprendizagem das instituições ensino, especialmente de formação superior. Assim sendo, foi, inicialmente, realizada uma busca de eventos científicos que possuíssem, em sua base de dados, artigos científicos referentes à temática. Considerou-se que o evento a ser utilizado seria o Simpósio Brasileiro de Informática na Educação do Congresso Brasileiro de Informática na Educação, por ser um evento que visa promover soluções para melhorias na educação apoiadas em tecnologias digitais.

Para tanto, foi definido um processo para a seleção dos artigos científicos, na base de trabalhos do SBIE, por meio de palavras-chave. Mesmo assim, dado o grande volume de artigos encontrados, foi necessário a análise individual de 167 trabalhos para extrair, ao final, os 10 artigos utilizados para a construção desta revisão. Nesse cenário, procurou-se levar em consideração trabalhos que possuíssem, em sua essência, a fusão das palavras-chave utilizadas. Desse modo, com a análise dos artigos, tornou possível verificar que o uso das tecnologias na educação, principalmente quando se utiliza os ambientes virtuais de aprendizagem, tem proporcionado inúmeras possibilidades de metodologias de ensino e práticas pedagógicas aos cursos da educação superior.

Por fim, é possível concluir que o uso de tecnologias no cenário educacional apresenta novas formas de construir o conhecimento, seja por trazerem novas alternativas para a otimização dos trabalhos dos professores ou por trazerem novas alternativas de aprendizagem aos alunos. Pode-se concluir também que a utilização das tecnologias na educação tem muito a ser aprimorado. No entanto, possuem uma gama de alternativas possíveis para o enriquecimento do ensino e da aprendizagem,

possibilitando adaptações de acesso a cenários, que antes eram improváveis, para os alunos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Maria Elizabeth Bianconcini. **Educação a distância na internet: abordagens e contribuições dos ambientes digitais de aprendizagem**. v. 29, n.2, São Paulo, SP: Educação e pesquisa, 2003, p. 327-340.

COSTA, ALPO.; MOITA, FMCSC. Moodle no curso de ciências biológicas a distância: análise das contribuições no processo de ensino e aprendizagem. In: SOUSA, RP., MIOTA, FMCSC., and CARVALHO, ABG., orgs. **Tecnologias digitais na educação** [online]. Campina Grande: EDUEPB, 2011, p. 155-175.

ISHIKAWA, Eliana CM et al. Collabora: Um Objeto Virtual de Aprendizagem Colaborativa para Avaliar o Processo Colaborativo. In: **Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE, XXVIII.**, 2017. p. 1617.

KENSKI, Vani Moreira. **Tecnologias e ensino presencial e a distância**. 2. ed. Campinas, SP: Papyrus, 2004.

KENSKI, Vani Moreira. **Tecnologias e tempo de docente**. Campinas, SP: Papyrus, p. 171, 2013.

LIMA, Edviges; SIEBRA, Claurton. CollabEduc: Uma Ferramenta de Colaboração em Pequenos Grupos para Plataformas de Aprendizagem a Distância. In: **Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE, XXVIII.**, 2017. p. 1707.

LIMA, Jefferson; TAVARES, Orivaldo. Ambiente virtual de aprendizagem – A inclusão autônoma dos aprendizes deficientes visuais. In: **Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE, XXVI.**, 2015. p. 702.

MELLO, Dante Alighieri Alves de; GOBARA, Shirley Takeco. O Estudo de Ondas Periódicas em um Ambiente Virtual de Aprendizagem Colaborativo de Física. In: **Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE, XXV.**, 2014. p. 812.

MORAN, José Manuel. Integrar as tecnologias de forma inovadora. In: **Novas Tecnologias e Mediação Pedagógica**. Papyrus, 21. ed., p.36-46, 2013.

MORAN, José Manuel; MASETTO, Marcos T; BEHRENS, Marilda Aparecida. **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. Campinas, SP: Papyrus, 2015.

OGAWA, Aline Nunes; KLOCK, Ana Carolina Tomé; GASPARINI, Isabela. Integrando Técnicas de *Learning Analytics* no processo de Gamificação em um Ambiente Virtual de Aprendizagem. In: **Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE, XXVIII.**, 2017. p. 615.

RAMOS, David et al. Um modelo para Trilhas de Aprendizagem em um Ambiente Virtual de Aprendizagem. In: **Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE, XXVIII.**, 2017. p. 1407.

RAMOS, Saulo; PIMENTEL, Edson P. VirtuaLabQ - Ambiente Gamificado para a Prática Experimental de Transformações Químicas. In: **Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE, XXVI.**, 2015. p. 587.

SBIE, Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, XXVIII. In: **Congresso Brasileiro de Informática na Educação-CBIE, V.**, Uberlândia-MG, 2016.

SERAFIM, Maria Lúcia; SOUSA, Robson P. Multimídia na educação: o vídeo digital integrado ao contexto escolar. In: SOUSA, RP., MIOTA, FMCS., and CARVALHO, ABG., orgs. **Tecnologias digitais na educação** [online]. Campina Grande: EDUEPB, 2011, p. 19-50.

SILVA, Alexsandro et al. Anatomia Digital: Um ambiente virtual de apoio ao processo ensino-aprendizagem. In: **Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE, XXVIII.**, 2017. p. 745.

SILVA, Viviane Gomes da et al. Uma Experiência de “Virtualização” de Disciplina em Cursos de Graduação. In: **Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE, XXII.**, 2011. p. 1304.

TEIXEIRA, Daniel de Souza et al. ManejoSoja3D: Ambiente Virtual para Aprendizado de Manejo da Cultura da Soja. In: **Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE, XXVIII.**, 2017. p. 776.

SOLUÇÃO PARA EQUAÇÃO INTEGRAL DE SCHRÖDINGER DE UMA ONDA ESPALHADA VIA MÉTODO DE FREDHOLM

Pedro Henrique Sales Giroto

Universidade Estadual de Santa Cruz,
Ilhéus – Bahia

Jorge Henrique de Oliveiras Sales

Universidade Estadual de Santa Cruz,
Ilhéus – Bahia

RESUMO: Neste artigo é usado o método de Fredholm na equação integral de Schrödinger na investigação do efeito de espalhamento próximo do centro do mesmo entre uma função de onda quântica estacionária e um potencial eletrostático. Dois potenciais são estudados um coulombiano e outro de Podolsky. O resultado mostra a importância da proposta de Podolsky para regularização do efeito próximo ao centro espalhador na função de onda quântica. Sendo que o potencial coulombiano apresenta forte variação na amplitude da onda após o espalhamento. No caso do potencial de Podolsky isso é corrigido com adoção de uma constante que remove essa forte variação.

PALAVRA-CHAVE: Fredholm, Função de onda, Podolsky.

FREDHOLM METHOD

ABSTRACT: This paper shows how to use the Fredholm method in Schrödinger's integral equation in the investigation of the scattering effect near its center between a stationary quantum wave function and an electrostatic potential. Two potentials are studied one coulombiano and one of Podolsky. The result shows the importance of the proposal of Podolsky to regularize the effect near the scattering center in the quantum wave function. Being that the coulombian potential presents strong variation in the amplitude of the wave after the scattering. In the case of Podolsky's potential this is corrected by adopting a constant that removes this strong variation.

KEYWORDS: Fredholm, Wave function, Podolsky.

1 | INTRODUÇÃO

A quebra espontânea da simetria quiral tem um significado fundamental na compreensão da natureza não perturbativa da dinâmica dos hadrons (Nguyen, 2011). Tem sido argumentado que a simetria pode ser restaurada em temperatura suficientemente alta. Essa quebra de simetria em torno do centro da interação ($x = 0$), ou centro espalhador é pouco investigada. Na literature é conhecida

SCHRÖDINGER'S INTEGRAL EQUATION SOLUTION OF A SCATTERED WAVE USING

como “End Point”, onde diversos trabalhos procuram descrever o comportamento da energia nesse centro espalhador (Nguyen, 2011).

O primeiro vértice ou um ponto central para espalhar uma onda quântica é dada por interação colombiana com um potencial eletrostático que varia com o inverso da distância

$$V = \frac{1}{4\pi} \frac{Q^2}{r} \quad (1)$$

Onde Q é a carga central que espalha a onda e r a distância do centro a qualquer do espaço. Esse potencial mostra que para ponto na origem do sistema de coordenadas $r = 0$ implica em uma singularidade para a energia potencial. Como consequência a solução para a função de onda estacionária da equação de Schrödinger possui uma singularidade nesse ponto, neste artigo é visto com mais detalhe esse assunto.

O problema tem origem na teoria eletromagnética de Maxwell que tem uma dependência r^{-1} no potencial eletrostático de Coulomb para uma carga pontual. Assim, tem-se uma divergência tanto na energia como no potencial eletrostático (Sakurai, 2013). Uma solução para este tipo de problema foi proposta por Podolsky e Schwed em 1948 (Podolsky & Schwed, 1948), e consiste em uma generalização da teoria do Eletromagnetismo em que é adicionado um termo de segunda ordem nas derivadas do campo eletromagnético A^μ , onde $\mu = 0,1,2,3$ são índices do espaço de Minkowski. Desta forma, a teoria do momento para essa teoria a lagrangeana de Podolsky

$$\mathcal{L}_0 = -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} + \frac{\alpha^2}{2} \partial_\nu F^{\mu\nu} \partial^\alpha F_{\mu\alpha} \quad (2)$$

onde $F_{\mu\nu} = \partial_\nu A_\mu - \partial_\mu A_\nu$ e " α " é uma constante com dimensão de comprimento. Esta Lagrangeana gera uma teoria de campo linear, que se reduz à teoria de Maxwell quando $\alpha = 0$. Trata-se evidentemente de uma teoria de ordem mais alta já que as equações de movimento derivadas de (2) contêm derivadas quárticas do potencial vetor. Tal como a teoria de Maxwell, a teoria de Podolsky apresenta também energia positiva definida no caso eletrostático que, no entanto, é finita para uma carga pontual. Este último resultado mostra claramente que a força entre duas cargas pontuais não é mais coulombiana, ponto que merece ser analisado mais de perto. Com essa teoria de Podolsky é obtido o potencial eletrostático generalizado, que assume então a forma

$$V(r) = \frac{Q^2}{4\pi} \cdot \frac{1-e^{-ra}}{r} \quad (3)$$

onde Q é a carga que gera o campo eletrostático e a é a constante de Podolsky. O potencial é do tipo Yukawa, com as seguintes propriedades: um valor finito na origem e converge para o potencial de Coulomb para $r \gg a$, resumindo:

$$V(r) = \begin{cases} \lim_{r \rightarrow 0} V(r) = \frac{aQ^2}{4\pi} \\ r \gg a, V(r) = \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{Q^2}{r} \\ \lim_{r \rightarrow \infty} V(r) = 0 \end{cases} \quad (4)$$

Neste trabalho mostra como uma função de onda quântica estacionária, com potencial de Podolsky, não possui divergência para valores de “ a ” diferente de zero. O método usado é a solução da equação integral de Schrödinger via Fredholm para a função de onda espalhada por um potencial do tipo coulombiano (1) e de Podolsky (3).

2 | KERNÉIS ARBITRÁRIOS

Seja a equação de Fredholm de segunda espécie:

$$u(x) = f(x) + \lambda \int_a^b K(x, t)u(t)dt \quad (5)$$

onde $K(x, t)$ e $f(x)$ são funções conhecidas para $a \leq x \leq b$ e $a \leq t \leq b$. Essa equação foi resolvida por Fredholm, em 1900, usando o artifício de substituir a integral indicada em (5) pela soma correspondente de Riemann.

Dividamos o intervalo (a, b) em n intervalos iguais (Krasnov, 1981):

$$\frac{b-a}{n} = \Delta x = \Delta t \quad (6)$$

agora, introduzindo as seguintes notações:

$$x_h(t_h) = a + h\Delta x(\Delta t)$$

$$f_i = f(x_i)$$

$$u_i = u(x_i(t_i))$$

$$K_{pq} = K(x_p, t_q)$$

para $i, p, q = 1, 2, 3, \dots, n$.

Desse modo, substituindo a integral de (5) por um somatório, virá:

$$u(x) = f(x) + \lambda \sum_{q=1}^n K(x, t_q) u_q \Delta t \quad (7)$$

substituindo na equação acima a variável x por x_p , obtém-se um sistema de n equações lineares do primeiro grau das funções desconhecidas u_1, u_2, \dots, u_n . Portanto

$$u_p = f_p + \lambda \sum_{q=1}^n K_{pq} u_q \Delta t \quad (8)$$

para obtermos a solução do sistema dado pela Eq. (8), façamos:

$$u_p = \sum_{q=1}^n \delta_{pq} u_q \quad (9)$$

onde δ_{pq} é o delta de Kronecker que, levada na Eq. (8), dará:

$$\sum_{q=1}^n [\delta_{pq} - \lambda K_{pq} \Delta t] u_q = f_p \quad (10)$$

usando-se a regra de Cramer (Krasnov, 1981) para resolver esse sistema, teremos:

$$u_q = \frac{\Delta_{nq}(\lambda)}{\Delta_n(\lambda)} \quad (11)$$

onde $\Delta_n(\lambda)$ é o determinante dos coeficientes das variáveis dependentes e $\Delta_{nq}(\lambda)$ é o determinante obtido a partir desde, no qual se substitui a coluna dos coeficientes de u_q pela coluna dos termos independentes f_p .

Analisemos cada um desses determinantes. O determinante $\Delta_n(\lambda)$ é dado por:

$$\Delta_n(\lambda) = \begin{vmatrix} 1 - \lambda K_{11}\Delta t & -\lambda K_{12}\Delta t & \cdots & -\lambda K_{1n}\Delta t \\ -\lambda K_{21}\Delta t & 1 - \lambda K_{22}\Delta t & \cdots & -\lambda K_{2n}\Delta t \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -\lambda K_{n1}\Delta t & -\lambda K_{n2}\Delta t & \cdots & 1 - \lambda K_{nn}\Delta t \end{vmatrix} \quad (12)$$

aplicando-se à expressão (12) a fórmula de decomposição de um determinante (Smirnov, 1975) virá:

$$\begin{aligned} \Delta_n(\lambda) = & 1 - \frac{\lambda}{1!} \sum_{p_1=1}^n K_{p_1 p_1} \Delta t + \frac{\lambda^2}{2!} \sum_{p_1=1}^n \sum_{p_2=1}^n \begin{vmatrix} K_{p_1 p_1} & K_{p_1 p_2} \\ K_{p_2 p_1} & K_{p_2 p_2} \end{vmatrix} (\Delta t)^2 + \cdots \\ & + (-1)^n \frac{\lambda^n}{n!} \sum_{p_1=1}^n \sum_{p_2=1}^n \cdots \sum_{p_n=1}^n \begin{vmatrix} K_{p_1 p_1} & K_{p_1 p_2} & \cdots & K_{p_1 p_n} \\ K_{p_2 p_1} & K_{p_2 p_2} & \cdots & K_{p_2 p_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ K_{p_n p_1} & K_{p_n p_2} & \cdots & K_{p_n p_n} \end{vmatrix} (\Delta t)^n \end{aligned} \quad (13)$$

Os somatórios de Riemann dessa equação podem ser substituídos por integrais no limite $n \rightarrow \infty$. Então, teremos:

$$\begin{aligned} \Delta_n(\lambda) = & 1 - \frac{\lambda}{1!} \int_a^b K(t_1, t_1) dt_1 + \frac{\lambda^2}{2!} \int_a^b \int_a^b \begin{vmatrix} K(t_1, t_1) & K(t_1, t_2) \\ K(t_2, t_1) & K(t_2, t_2) \end{vmatrix} dt_1 dt_2 + \cdots \\ & + (-1)^n \frac{\lambda^n}{n!} \int_a^b \int_a^b \cdots \int_a^b \begin{vmatrix} K(t_1, t_1) & K(t_2, t_1) & \cdots & K(t_1, t_n) \\ K(t_2, t_1) & K(t_2, t_2) & \cdots & K(t_2, t_n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ K(t_n, t_1) & K(t_n, t_2) & \cdots & K(t_n, t_n) \end{vmatrix} dt_1 dt_2 \cdots dt_n \dots \dots \dots \end{aligned} \quad (14)$$

ou

$$\Delta_n(\lambda) = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{\lambda^n}{n!} d_n \quad (15)$$

onde

$$d_n = \int_a^b \int_a^b \cdots \int_a^b \begin{vmatrix} K(t_1, t_1) & K(t_2, t_1) & \cdots & K(t_1, t_n) \\ K(t_2, t_1) & K(t_2, t_2) & \cdots & K(t_2, t_n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ K(t_n, t_1) & K(t_n, t_2) & \cdots & K(t_n, t_n) \end{vmatrix} dt_1 dt_2 \cdots dt_n \quad (16)$$

O valor do determinante $\Delta_{nq}(\lambda)$ da Eq. (11) foi obtido por Fredholm (1900), com um cálculo que envolve muita manipulação algébrica, razão pela qual apresentaremos apenas o resultado. Assim:

$$\Delta_{nq}(\lambda) \equiv \Delta(x, t; \lambda) = K(x, t) + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{\lambda^n}{n!} d_n(x, t) \quad (17)$$

onde:

$$d_n(x, t) = \int_a^b \int_a^b \dots \int_a^b \begin{vmatrix} K(x, t) & K(x, t_1) & \dots & K(x, t_n) \\ K(t_1, t) & K(t_1, t_1) & \dots & K(t_1, t_n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ K(t_n, t) & K(t_n, t_1) & \dots & K(t_n, t_n) \end{vmatrix} dt_1 dt_2 \dots dt_n \quad (18)$$

Desse modo, segundo Fredholm, a solução da Eq. (5) será dada por:

$$u(x) = f(x) + \lambda \int_a^b \frac{\Delta(x, t; \lambda)}{\Delta(\lambda)} f(t) dt \quad (19)$$

onde $\Delta(x, t; \lambda)$ e $\Delta(\lambda)$ são dados, respectivamente, pelas Eq. (17) e (18) e Eq. (19) e (20).

3 | EQUAÇÃO INTEGRAL DE SCHRÖDINGER

As partículas espalhadas se movem como partículas livres a grande distância do centro espalhador, a energia de seu movimento relativo é sempre positiva e não quantizada. Portanto, na formulação do problema do espalhamento de uma partícula de massa m com energia relativa positiva E e em um potencial $V(\vec{r})$, reduz-se a resolver a equação de Schrödinger (Sakurai, 2013)

$$H\psi(\vec{r}) = E\psi(\vec{r}) \quad (20)$$

Sendo:

$$H = -\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \psi + V(\vec{r}) \quad (21)$$

então a Eq. (20) ficará

$$(\Delta + k^2)\psi(\vec{r}) = \frac{2mV(\vec{r})}{\hbar^2}\psi(\vec{r}) \quad (22)$$

sendo

$$k^2 = \frac{2mE}{\hbar^2} \quad (23)$$

o número de onda da partícula incidente com massa m e energia total E .

Para fora da região de espalhamento ($|\vec{r}| > d$), tem-se:

$$V(\vec{r}) \neq 0, \quad |\vec{r}| \leq d \quad (24)$$

portanto a Eq. (22) ficará:

$$(\Delta + k^2)\varphi(\vec{r}) = 0 \quad (25)$$

cuja solução vale (Sakurai, 2013):

$$\varphi(\vec{r}) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{3}{2}}} e^{i\vec{k} \cdot \vec{r}}. \quad (\vec{p} = \hbar \vec{k}) \quad (26)$$

Agora, vamos resolver a Eq. (22) para a região de espalhamento. Para isso, usaremos a técnica da função de Green (Bassalo, 2012). Assim, sendo a função de Green para a Eq. (22) dada por:

$$(\Delta + k^2) G(\vec{r}, \vec{r}') = \delta(r - r'), \quad (27)$$

a solução daquela equação será:

$$\psi(\vec{r}) = \frac{2m}{\hbar^2} \int G(\vec{r}, \vec{r}') V(\vec{r}') \psi(\vec{r}') d^3\vec{r}'. \quad (28)$$

Desse modo, a solução da equação de Schrödinger Eq. (22) para o espaço todo será:

$$\psi(\vec{r}) = \varphi(\vec{r}) + \frac{2m}{\hbar^2} \int G(\vec{r}, \vec{r}') V(\vec{r}') \psi(\vec{r}') d^3\vec{r}'. \quad (29)$$

sendo que a função Green é dada por:

$$G(\vec{r}, \vec{r}') = \frac{1}{(2\pi)^3} \int \frac{e^{i\vec{K} \cdot (\vec{r} - \vec{r}')}}{k^2 - K^2} d^3K. \quad (30)$$

Para fazermos a integral indicada, inicialmente vamos tomar o vetor $(\vec{r} - \vec{r}') = \rho$, isto é, na direção do eixo polar do espaço dos K . Então:

$$\vec{K} \cdot (\vec{r} - \vec{r}') = K\rho \cos(\theta). \quad (31)$$

Por outro lado, sendo:

$$d^3K = K^2 dK \sin(\theta) d\theta d\phi, \quad (32)$$

a Eq. (30), ficará:

$$G(\vec{r}, \vec{r}') = \frac{1}{(2\pi)^3} \int_0^\infty \int_0^{2\pi} \int_0^\pi \frac{e^{iK\rho \cos(\theta)}}{k^2 - K^2} K^2 dk \sin(\theta) d\theta d\phi \quad (33)$$

Agora, integrando-se em θ e ϕ , teremos:

$$G(\vec{r}, \vec{r}') = \frac{1}{2\pi^2\rho} \int_0^\infty \frac{\sin(K\rho) K dK}{k^2 - K^2} \quad (34)$$

como o integrando da Eq. (34) é uma função par, então:

$$G(\vec{r}, \vec{r}') = \frac{1}{4\pi^2\rho} \int_{-\infty}^\infty \frac{K \sin(K\rho) dK}{k^2 - K^2} \quad (35)$$

Usando-se a fórmula de Euler () e fazendo-se , a Eq. (35) tornar-se-á:

$$G(\vec{r}, \vec{r}') = -\frac{1}{8\pi^2\rho i} \left[\int_{-\infty}^\infty \frac{N e^{iN} dN}{N^2 - \eta^2} - \int_{-\infty}^\infty \frac{N e^{-iN} dN}{N^2 - \eta^2} \right], \quad (36)$$

onde $\eta = k_p$.

Para fazermos as integrais indicadas na Eq.(36), vamos usar o método dos resíduos (Bassalo, 2012). As contribuições a essas integrais vêm dos zeros $q = \pm \eta$. A primeira integral é calculada usando o sentido anti-horário para uma curva que contorna o polo $+\eta$. Portanto, teremos:

$$\int_{-\infty}^\infty \frac{N e^{iN} dN}{(N+\eta)(N-\eta)} = 2\pi i \text{Res}|_{N=\eta} = \pi i e^{i\eta}. \quad (37)$$

Analogamente, a segunda integral da Eq. (36) é calculada usando-se o contorno no sentido horário da curva em torno do polo $-\eta$. Portanto, teremos:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{Ne^{iN} dN}{(N+\eta)(N-\eta)} = (-2\pi i) \text{Res}|_{N=-\eta} = -\pi i e^{i\eta}. \quad (38)$$

Levando-se as Eq. (37) e (38) à Eq. (36), a função de Green procurada, será:

$$G(\vec{r}, \vec{r}') = -\frac{e^{ik|\vec{r}-\vec{r}'|}}{4\pi|\vec{r}-\vec{r}'|} \quad (39)$$

A escolha de outro contorno diferente dos usados aqui, levaria a um termo do tipo $e^{-i\eta}$ em adição ou em subtração ao termo . Tal termo em $G(\vec{r}, \vec{r}')$ corresponde a uma onda incidente, o que contraria a Eq. (29).

Portanto, a solução da Eq. (21) será obtida levando-se a Eq. (39) na Eq. (29). Então:

$$\psi(\vec{r}) = \varphi(\vec{r}) - \frac{2m\pi}{\hbar^2} \int \frac{e^{ik|\vec{r}-\vec{r}'|}}{|\vec{r}-\vec{r}'|} V(\vec{r}') \psi(\vec{r}') d^3\vec{r}'. \quad (40)$$

4 | RESULTADOS

Para uma análise do comportamento da função de onda estacionária espalhada por um potencial coulombiano, vamos substituindo $V(\vec{r}')$ em (40) pelo potencial de Coulomb (1) com carga $Q = 1$ na equação integral (40), resultando em

$$\psi(\vec{r}) = \varphi(\vec{r}) + \lambda \int_0^{\infty} \frac{e^{ik|\vec{r}-\vec{r}'|}}{|\vec{r}-\vec{r}'|} \frac{1}{|\vec{r}'|} \psi(\vec{r}') d^3\vec{r}'. \quad (41)$$

onde $\lambda = -\frac{mQ^2}{2\hbar^2}$, e para facilitar análise gráfica é assumido $m = 2$, $E = 1/4$ e, $\hbar = 1$ isso implica em $\lambda = -1$ e $k = 1$ em (23).

A função de onda estacionária ou autofunção (41) é uma equação integral do tipo Fredholm (5), cuja a solução é dada por (19). Com ajuda do programa *Wolfram Mathematica*, foi calculado os determinantes (15) e (17) Para solução em uma

dimensão x obtem-se:

$$\psi(x) = e^{ix} + \frac{e^{6i} \text{sen}(4)}{x} \frac{\lambda}{1 + \lambda[Ei(i) - Ei(5i)]} \quad (42)$$

onde a função $Ei(t)$ é a função exponencial integral dada por

$$Ei(t) = \int_t^\infty \frac{e^{-u}}{u} du \quad (43)$$

Com todas as considerações temos o resultado gráfico, Fig. 1, para essa função de onda com o potencial espalhador coulombiano:

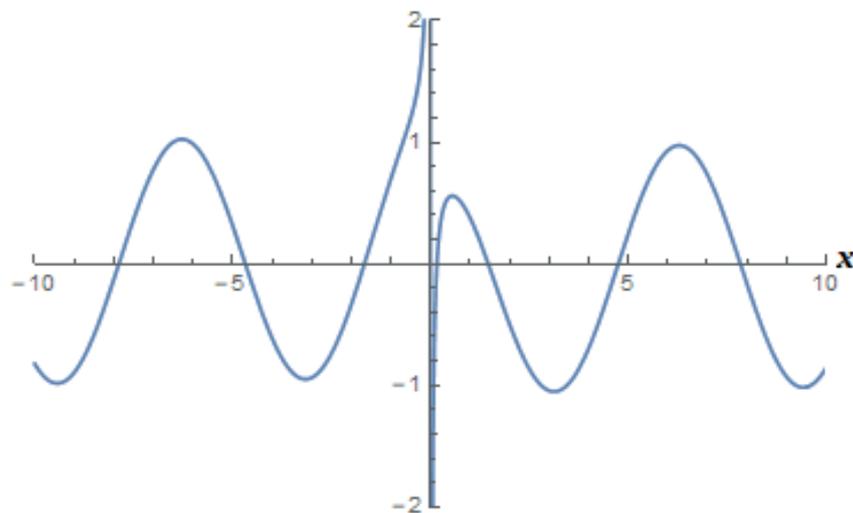


Figura 1- Função de onda para o potencial de Coulomb

Nota-se no gráfico da Fig. 1, que a função de onda (42) em função da distância x tem um comportamento não definido em $x = 0$. A amplitude dessa onda varia fortemente entre $x = 0$ a $x = 5$.

O mesmo procedimento foi usado para se calcular a função de onda estacionária para o potencial de Podolsky (3), usando valores para a constante a . Resultando na função de onda

$$\psi(x) = e^{ix} + \frac{e^{2i-5a}(e^{4a}-e^{8i})}{x(a-2i)} \frac{\lambda}{1 + \lambda[Ei(i-a) - Ei(5i-a)]} \quad (44)$$

Na Fig. 2 é mostrado as curvas para cada valores da constante de Podolsky “ a ”. Para $a = 1$ a função de onda é próxima da função de onda dada pelo potencial coulombiano, valores maiores de a mostra um comportamento mais estável indicando

um amplitude tendendo para valores entre -1 a 1 antes de $x = 5$.

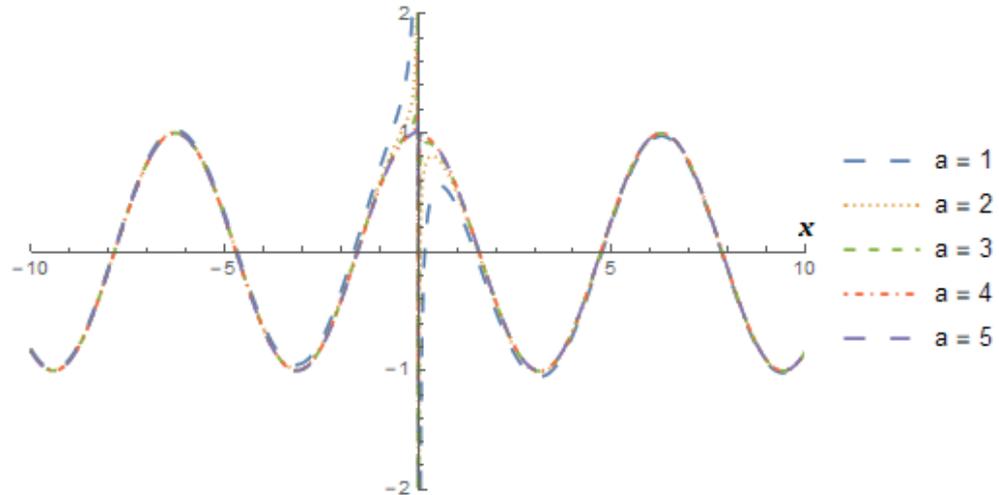


Figura 2- Função de onda para o potencial de Podolsky

A Fig. 3 mostra as funções de ondas com potencial espalhador de Coulomb e Podolsky e observa-se que para $\alpha = 0$ reproduz a função de onda com potencial coulombiano. Valores para $\alpha = 2,5$ indicam uma tendência para estabilizar a onda com amplitude constante antes do valor limite na distância $x = 5$, sendo $\alpha = 5$ o melhor valor. Depois desse limite, as ondas de Podolsky praticamente se propagam de forma semelhante a de Coulomb.

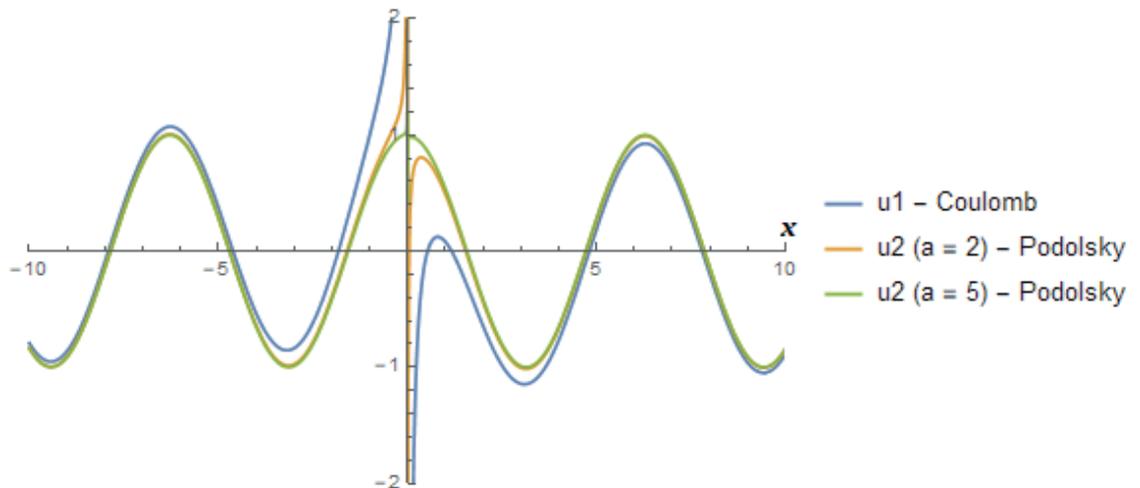


Figura 3- Funções de ondas espalhadas por Coulomb e Podolsky

A Fig. 4 mostra um gráfico para valores de x e a variando. Esse gráfico evidencia a importância da constante a de Podolsky. Ela de fato promove um bom comportamento da função de onda com valores maiores que zero. Como essa constante a está conectada a dimensão de distância (Podolsky, 1948), isso explica porque a função de onda de Podolsky tem bom comportamento próximo de $x = 0$

para valores $\alpha > 0$.

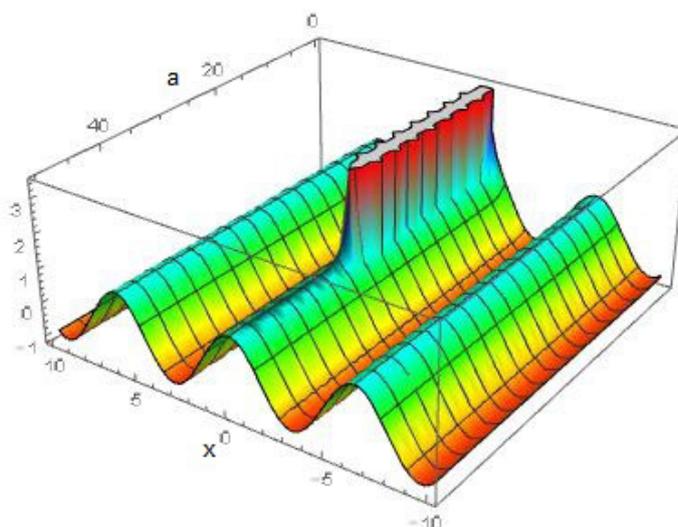


Figura 4- Função de onda espalhada por potencial de Podolsky

5 | CONCLUSÃO

Nesta trabalho foi investigado o efeito da interação no centro do espalhamento de uma partícula na função de onda estacionário. A equação de Schrödinger é foi usado para dois tipos de potencial, um coulombiano e outro de Podolsky.

A técnica usada são as soluções de kernéis arbitrários via equação integral de Fredholm. O resultado deste trabalho mostra que na Fig. 3 a constante de Podolsky $\alpha = 0$ reproduz a função de onda para o potencial de Coulomb e uma amplitude não definida em $x = 0$. Para valores $\alpha = 1$ e 5 a função de onda para o potencial de Podolsky mantém uma amplitude constante em $x = 0$. Na Fig. 4 observa-se no gráfico que para valores de $\alpha > 40$ não temos o problema da singularidade na função de onda em $x = 0$.

REFERÊNCIAS

Bassalo, J. M. F. e Cattani, M. S. D. **Elementos de Física Matemática - Vol. 3 - Equações Integrais e Integrais**, Livraria da Física, São Paulo, 2012.

Fredholm, I. **Sur une nouvelle méthode pour la résolution du problème de Dirichlet**, Öfversigt Kongl. Vetenskaps-Akad. Förhandlingar, 1900.

Krasnov, M. I.; Kisseliov, A. I.; Makarenko, G. I. **Equações Integrais**, Editora Mir, Mscow, 1981.

Nguyen, D. C. et. al. **End-point energy measurements of field emission current in a continuous-wave normal-conducting rf injector**, Physical Review Special Topics – Accelerators and Beams, 2011.

Podolsky, B. e Schwed, P. (1948), **Review of a Generalized Eletrodynamics**, Rev. Mod. Phys. 20, 40, 1948.

Sakurai, J. J. **Mecânica Quântica moderna**, 2 ed., Bookman, Porto Alegre., 2013.

ESTUDO MORFOLÓGICO E CRISTALOGRÁFICO DE DIFERENTES TIPOS DE CIMENTO PORTLAND

Bento Francisco dos Santos Júnior

Faculdade de Administração e Negócios de
Sergipe – FANESE

Aracaju-SE

Instituto de Pesquisa, Tecnologia e Negócios –
IPTN

Aracaju-SE

Universidade Federal de Sergipe – UFS
São Cristóvão - SE

Fabiane Santos Serpa

Universidade Tiradentes – Unit

Aracaju-SE

Eduardo Ubirajara Rodrigues Batista

Faculdade de Administração e Negócios de
Sergipe – FANESE

Aracaju-SE

Instituto de Pesquisa, Tecnologia e Negócios –
IPTN

Aracaju-SE

Thuany Reis Sales

Faculdade de Administração e Negócios de
Sergipe – FANESE

Aracaju-SE

Adriele Santos Souza

Instituto de Pesquisa, Tecnologia e Negócios –
IPTN

Aracaju-SE

Antonio Vieira Matos Neto

Faculdade de Administração e Negócios de
Sergipe – FANESE

Aracaju-SE

RESUMO: No presente trabalho foram aplicadas as técnicas de difratometria de raios-x, microscopia óptica e calorimetria diferencial de varredura, além dos ensaios mecânicos de resistência à compressão. Primeiramente, preparou-se pastas de cimento Portland classe G, classe especial e CII F-32 puras e também com 10% de resina à base de epóxi; as proporções de cimento, água e resina utilizadas foram as determinadas pela norma API ESPC 10A. Em seguida colocou-se uma pequena quantidade em um molde especial de acrílico para a realização das medidas de difratometria de raios-x. Estas medidas foram realizadas em um difratômetro RIGAKU D/MAX 200 PC a temperatura ambiente, numa faixa de 5 a 60 2 θ e com duração de 23 minutos durante o processo de endurecimento, cura e após a cura. Isso tem o propósito de analisar a evolução das fases presentes nas pastas de cimento. Mas para se fazer uma análise morfológica das pastas, utilizou-se da microscopia óptica, com a qual foram realizadas medidas com lentes de 10x, 20x, 50x e 100x no microscópio LEICA DMLM em intervalos de tempo de 30 minutos durante as primeiras 3 horas após a mistura e nas pastas já curadas. Já o comportamento das fases das pastas, frente a um aquecimento, foi feita com auxílio da calorimetria diferencial de varredura, pela qual se pretende observar a evolução térmica das pastas. Com isso,

percebeu-se que a resina deixou o processo de hidratação mais lento, além de aumentar a coalescência das fases, conseqüentemente diminuiu a temperatura de desidratação de algumas fases das pastas de cimento Portland classe G e especial e aumentou consideravelmente a resistência compressiva da pasta de cimento Portland CII F-32.

PALAVRAS-CHAVE: Cimento Portland. Difractometria. Microscopia

MORPHOLOGICAL AND CRYSTALLOGRAPHIC STUDY OF DIFFERENT TYPES OF CEMENT PORTLAND

ABSTRACT: In present work were applied the X-ray technique diffractometry, optical microscopy and differential scanning calorimetry, besides the mechanical rehearsals of resistance to the compression. Firstly, it prepared himself folders of Portland cement class G, special class and CII F-32 pure and also with 10% of epoxy resin base; the cement proportions, water and used resin were the determined by the API ESPC 10A norm. Soon after it put a small quantity in a special mold of acrylic for X-ray diffractometry measures. These measured were accomplished in a diffractometer RIGAKU D/MAX 200 PC the ambient temperature, in a band from 5 to 60 2 and with duration 23 minute during the hardening process, cure and after the cure. That has the purpose of analyzing the evolution of the present phases in the cement folders. But to if you do a morphologic analysis of the folders, it used of the optical microscopy, with which were accomplished measures with lenses of 10x, 20x, 50x and 100x in the microscope LEICA DMLM in time's intervals 30 minute during the first 3 hours after the mixture and in already cured folders. Already the folders phases behavior, front to a heating, was made with sweeping differential scanning calorimetry help, which we intend observar the thermal evolution of the folders. With that, noticed itself that the resin let the process of slower hydration, besides increasing for coalescence of the phases, consequently decreased the dehydration temperature of some folders phases of Portland cement class G and special and increased considerably the compressive resistance of the folder of cement Portland CII F-32.

KEYWORDS: Portland cement. Diffractometry. Microscopy

1 | INTRODUÇÃO

As pastas de cimento especiais são utilizadas desde os primórdios da indústria do petróleo com a função de estabilizar, manter a estrutura e isolar a zona de produção de petróleo da formação rochosa. As descobertas de novas reservas em condições de exploração adversa e a necessidade de recuperar o óleo em poços maduros tem imposto ao cimento usado no revestimento condições extremas de temperatura e principalmente pressão, com a utilização de injeção de água e/ou vapor, condições estas que não estavam inicialmente previstas no projeto de construção do poço. Como consequência, as falhas na cimentação dos poços estão

aumentando, requerendo um maior número de intervenções para correção, o que além de paralisar a produção, implica também em custos adicionais e riscos ao meio ambiente.

A técnica de difratometria de raios-x é de extrema importância na análise do efeito do aditivo na evolução das fases cristalinas das pastas de cimento Portland. Existe uma vasta bibliografia sobre o uso da difratometria de raios-X no estudo do cimento Portland curado, mas muito pouco sobre o processo de endurecimento ou de pega do cimento. O fato dos processos físicos e químicos serem rápidos pode justificar esta falta de bibliografia já que uma medida de XRD com boa relação sinal ruído pode durar várias horas, tempo suficiente para várias fases cristalinas aparecerem e sumirem durante o endurecimento. Neste trabalho foi possível a realização das medidas adotando uma estratégia adaptada a realidade do processo em questão. Estas medidas foram comparadas com as técnicas de microscopia óptica (MO) e calorimetria diferencial de varredura (DSC) e ensaios de resistência compressiva.

Os aditivos poliméricos, em pastas de cimento, são usados pela indústria do petróleo com o objetivo de melhor adequar à pasta às novas condições exigidas pelos poços de petróleo e, conseqüentemente, aumentando sua vida útil.

2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo é dedicado a dar explicação sucinta sobre o processo de fabricação do cimento Portland, os tipos de cimento Portland existentes no mercado, as reações químicas que ocorrem no processo de clínquerização, as reações de hidratação mais importantes; além do processo de cura, dos fatores que alteram as propriedades físico-químicas da pasta de cimento Portland e do uso de aditivos e suas implicações. Além disso, o capítulo também apresenta as operações realizadas durante a confecção de um poço de petróleo, focalizando os processos de cimentação e nos testes de laboratório.

2.1 Processo de fabricação do cimento Portland

A produção e utilização do cimento Portland é bem antiga, iniciando-se no Antigo Egito, onde se empregava gesso impuro com cal. Os gregos e romanos misturaram cal dos egípcios com água, areia e pedra fragmentada, originando o primeiro concreto da História. Na Idade Média, houve um grande declínio no uso do cimento, só retornando em 1756, quando John Smeaton, encarregado de reconstruir o farol de Eddystone, desenvolve uma argamassa resultante da queima de argila e cal. Em 1824, John Aspdin patenteou o aglomerante de nódulos calcinado de calcário argiloso em proporções apropriadas com o nome de cimento Portland. Mas, alguns anos antes, Louis Vicat já havia publicado os resultados de suas experiências realizadas sobre a produção e emprego de um novo aglomerante: cimento artificial.

Essencialmente, o processo de fabricação do cimento Portland consiste em

retirar o calcário da jazida, levá-lo ao britador para ficar com dimensão adequadas e misturá-lo a argila. Em seguida, a mistura é levada a um moinho de bolas para gerar um pó bem fino, denominado *farinha de cru*. Essa farinha é bombeada até os silos, onde é feito o balanceamento das proporções adequadas à produção do cimento por meio de peneiras. Após o processo de balanceamento, a farinha de cru é colocada em um forno rotativo até uma temperatura de cerca de 1450°C, fornecendo uma energia necessária às reações químicas de formação do clínquer de cimento. Ao sair do forno, o clínquer é resfriado para manter as características físico-químicas do produto final e, logo após, o mesmo é moído juntamente com gesso, que age como retardador de pega, ou seja, evita a pega instantânea do cimento. O resultado desta última moagem é o cimento pronto para ser comercializado.

2.2 Tipos de cimento Portland

Conforme U.S. Department of Transportation (1990), diferentes tipos de cimento Portland são fabricados para atender as diversas utilidades específicas, tais como durabilidade e resistência. Oito tipos de cimento são cobertos pela ASTM C 150.

No Brasil, as normas NBR da ABNT classificam os cimentos Portland nos cinco tipos seguintes: CP I – Comum (NBR 5732); CP II – Composto (NBR 11578); CP III – Alto forno (NBR 5735); CP IV – Pozolânico (NBR 5736) e CP V – Alta resistência inicial (NBR 5735), de acordo com Neville (1997).

Além disso, existe API que padronizou os processos de fabricação e composição química do cimento em oito classes, de A até H e são arranjadas de acordo com a profundidade aos quais podem ser aplicados, e pressões e temperaturas aos quais podem ser expostos^(3,5). Neste trabalho, houve interesse em pesquisar o cimento Portland Composto CP II F-32 (NBR 11578), pois é bastante utilizado na construção civil; junto com os cimentos Portland CPP-Classe G e CPP-Classe Especial (NBR 9831), pois são utilizados em processos de cimentação de poços de petróleo.

2.2.1 Composição química do cimento Portland

No interior do forno rotativo, ocorrem várias reações químicas a partir da mistura do calcário - constituído basicamente por carbonato de cálcio (CaCO_3), além de magnésio, silício alumínio ou ferro - e da argila - que é constituída por silicatos contendo alumínio e ferro - sob altas temperaturas.

Primeiramente, ocorre a evaporação da água livre em temperaturas abaixo de 100°C. Posteriormente, a partir de 340°C, tem-se início a decomposição do carbonato de magnésio MgCO_3 , cujo óxido magnésio, gerado desta reação, não se combina com os demais óxidos.

A decomposição do carbonato de cálcio CaCO_3 só acontece acima de 805°C e atinge o seu ponto crítico em 895°C.

Na realidade, as primeiras reações de formação do clínquer (clínquerização)

iniciam-se em 550°C, com a perda de água da argila e com o surgimento dos silicatos. Porém, o silicato dicálcico ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$), cuja abreviatura é C2S.

O C2S, segundo o Centro de Desenvolvimento de Recursos Humanos (1995), também é conhecido como belita na forma impura e se apresenta de três formas diferentes, que acontece durante o resfriamento, ou seja, o α -C2S, que se forma em 1450°C, transformando-se em β -C2S e, em cerca de 670°C, transforma-se em γ -C2S. Sob o microscópio óptico, todos estes compostos se apresentam na forma arredondada.

No entanto, o silicato tricálcico ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$), cuja abreviação é C3S, só inicia sua formação entre 1250 e 1450°C.

Para o Centro de Desenvolvimento de Recursos Humanos (1995), o C3S é o principal composto do clínquer, podendo ser chamado, também, de alita na forma impura. Análises de microscopia mostram que este composto se apresenta na forma cristalina hexagonal.

Juntamente com a formação dos silicatos, também ocorre o surgimento do ferroaluminato tetracálcico $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ e aluminato tricálcico $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$, cujas abreviaturas são, respectivamente, C4AF e C3A. Estas reações de formação ocorrem por volta de 1300°C.

O C3A apresenta-se na forma cúbica, mas, durante o resfriamento, surgem fases intersticiais amorfas⁽²⁾. Este composto é de grande importância, pois atua como retardador de pega e na resistência a sulfatos. Juntamente com o C3A, forma-se o C4AF, cuja característica principal é a resistência à compressão, sendo responsável pela coloração cinzenta do cimento, devido à presença de ferro, conforme o Centro de Desenvolvimento de Recursos Humanos (1995).

As reações de clínquerização só se completam no resfriamento, onde pode ocorrer o retorno do óxido de cálcio (CaO – cal livre).

Além dos compostos principais citados acima, existem compostos secundários, como MgO , TiO_2 , MnO_2 , K_2O e Na_2O ; eles não chegam mais do que uma pequena porcentagem de massa de cimento, mas os álcalis (K_2O e Na_2O) podem acelerar a pega do cimento. Além disso, percebeu-se que estes óxidos secundários influenciam a velocidade de aumento de resistência do cimento, segundo Neville (1995).

2.2.2 Cimento CP II F-32

Este tipo de cimento foi regulamentado no Brasil em 1991 e é bastante utilizado na construção civil, sendo responsável por 75% da produção brasileira. Ele é utilizado em argamassa de revestimento e assentamentos de tijolos e blocos.

2.2.3 Cimento CPP Classe-G

O cimento classe-G é utilizado em poços de petróleo, por isso seu consumo é pouco expressivo. A sua diferença básica, em relação aos demais, é que o único retardador de pega utilizado é o gesso. Além do gesso, são usados vários aditivos químicos como retardadores e aceleradores de pega, cuja composição e quantidade dependem da profundidade do poço e da temperatura do mesmo. Em virtude disso, a norma API estipula que a profundidade máxima de utilização deste tipo de cimento seja de 2440m.

2.2.4 Cimento Portland Classe Especial

Este tipo de cimento foi desenvolvido pela Petróleo Brasileiro S.A. – Petrobrás para atender as condições de pressão e temperatura exigidas pelos poços de petróleo.

A utilização do cimento Portland classe especial é a mesma do cimento Portland classe-G, sendo que apresentam diferenças no que diz respeito a pastas puras, isto é, o primeiro possui 2% a mais de teor de água em peso de cimento, finura entre 17,5 e 20,5, perda de fogo de no máximo 2%, teor de C3S de 55 a 65% e um máximo de 1% de conteúdo alcalino total, segundo Petróleo Brasileiro S.A. (2002).

2.3 Fatores que alteram as propriedades mecânicas da pasta de cimento Portland

Esta sessão é dedicada em explicar os fatores que alteram as propriedades mecânicas da pasta de cimento Portland, isto é, resistências à tração, à compressão e elástica, que foram os ensaios mecânicos realizados neste trabalho. Estes fatores serão mostrados nas subseções subseqüentes.

2.3.1 Tempo de pega

O termo pega é utilizado quando se refere ao enrijecimento da pasta de cimento, mas não significa endurecimento, que consiste no aumento da resistência da mesma. Aparentemente, a pega é causada por uma reação seletiva dos seguintes compostos do cimento: C3A e C3S.

Segundo a norma EM 196-3:1987, a pega do cimento é influenciada pela temperatura e pela umidade do ar, ou seja, a temperatura tem que estar em 20 ± 2 °C e a umidade relativa do ar mínima de 65%.

2.3.2 Tempo de cura

O tempo de cura, neste caso específico, o tempo que o corpo de prova fica em contato com a água, influencia bastante sobre a resistência. A resistência aumenta até se estabilizar e em 28 dias, a estabilidade da resistência já se concretizou.

2.3.3 Uso de aditivos

De acordo com Royer et al. (2005), hoje em dia, o uso de aditivos é muito comum, pois eles podem agir como retardadores ou aceleradores de pega, além de modificarem as propriedades físico-químicas e mecânicas da pasta de cimento. A adição de poliestireno sulfonado à pasta de cimento provoca a repulsão entre as partículas favorecendo sua dispersão. Uma explicação para o aumento da dispersão seria a seguinte: o aditivo envolveria as partículas de cimento, carregando-as com cargas de sinais iguais e, com isso, haveria uma repulsão eletrostática, aumentando, assim, a dispersão. O aumento da dispersão faz com que se necessite de menos água para atingir uma determinada trabalhabilidade.

2.3.4 Aplicação de aditivos poliméricos à pasta de cimento Portland

Os aditivos poliméricos são adicionados à pasta de cimento com o objetivo de melhorar as propriedades reológicas, além de influenciar as características cinéticas de hidratação. A substância adicionada age como agente dispersante das partículas existentes na pasta.

A interação entre o cimento e os superplastificantes pode ser explicada por efeitos físicos e químicos. Os efeitos físicos ocorrem instantaneamente e incluem adsorção de superplastificantes através de forças eletrostática e de van der Waals, conforme Griesser (2002). Os efeitos químicos ocorrem ao longo do tempo e são conseqüências da hidratação do cimento. Isso inclui a reação dos sítios na superfície de ligação e alteração nas reações de hidratação.

Durante o processo de hidratação do cimento, ocorre a hidrólise dos íons de cálcio, aumentando o teor de pH e, com isso, a superfície das partículas de cimento fica carregadas negativamente. Isso faz com que a camada mais interna passe a ter um potencial positivo; assim, os grupos negativamente carregados do superplastificante adsorvem sobre a superfície e as moléculas do polímero dificultam a difusão da água. Segundo a *teoria de camada dupla difusa*, que consiste de uma partícula de cimento carregada rodeada por uma camada fixa com íons de carga oposta e a camada posterior é uma camada difusa com uma mistura de íons de cargas opostas, as forças que agem entre as partículas do polímero superplastificante e do cimento incluem as forças de van der Waals, as forças eletrostáticas repulsivas e a força estérica repulsiva; sendo que esta última é de alcance limitado causada pela sobreposição dos polímeros adsorvidos, de acordo com Griesser (2002).

3 | METODOLOGIA

Os cálculos das massas dos componentes: água, cimento e aditivo foram realizados, utilizando um total de pasta de 600 ml e densidade de aditivo (resina

epóxi) de $1,07 \text{ g/cm}^3$.

Depois, iniciou-se o processo de mistura destes componentes; primeiramente, a água foi misturada ao cimento por quinze minutos, temos assim a primeira mistura; logo em seguida, o aditivo foi adicionado o aditivo, iniciando a segunda mistura cuja duração também é de quinze minutos. Em casos em que o aditivo não é utilizado, a segunda mistura não é necessária. Este processo, por sua vez, foi realizado com auxílio de um misturador com 4.000 rpm de rotação. No entanto, a pesagem dos componentes foi feita em um balança de 0,01 g de precisão.

Depois de 24 horas após o término da mistura, a pasta de cimento é colocada em tanques de água para o início do processo de cura da mesma, onde permanece durante 30 dias.

4 | ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Difractometria de Raios-X

A Figura 1 mostra os difratogramas de raios-x da pasta de cimento Portland classe G desde os primeiros 40 minutos até 24 horas após a mistura. Todas as medidas foram normalizadas para uma intensidade máxima de 100 contagens para comparação com os padrões encontrados na literatura. No mesmo gráfico são apresentados os padrões cristalográficos do C3A [$\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$], C3A hidratado [$\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, $8 \leq x \leq 12$], C2S [Ca_2SiO_4], C3S [Ca_3SiO_5], calcita [CaSO_3] e portlandita [$\text{Ca}(\text{OH})_2$], de acordo com as fichas JCPDS PDF2 38-1429, 02-0083, 01-1029, 13-0209, 24-0027 e 04-0733, respectivamente. As estruturas cristalinas destas fases são: cúbica para o C3A (grupo espacial Pa3), ortorrômbica para o C2S (grupo espacial Pmnb), romboedral para a calcita (grupo espacial R-3c) e hexagonal para a portlandita (grupo espacial P-3m1).

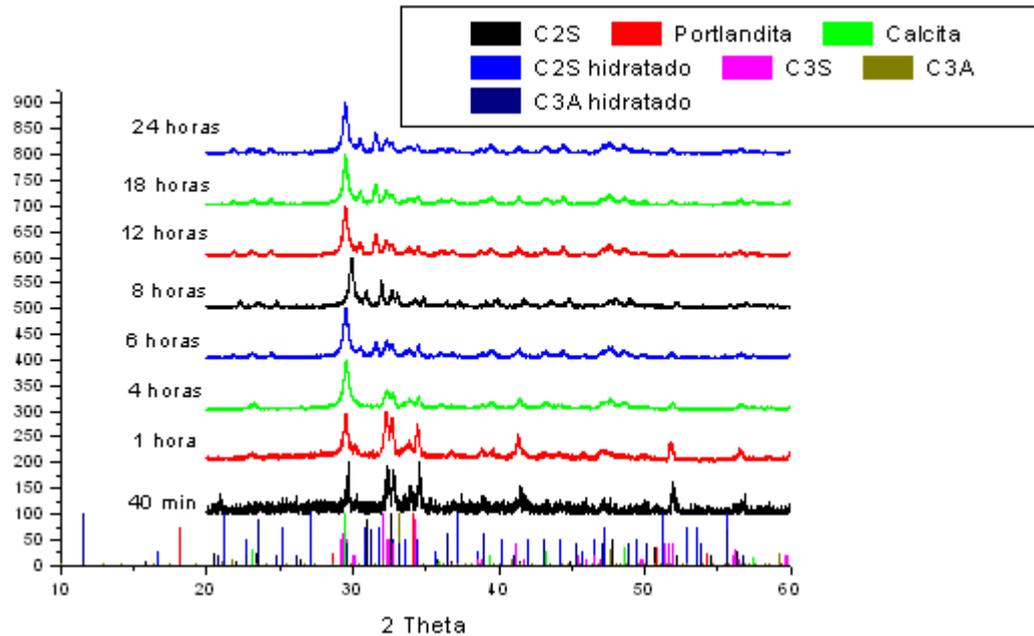


Figura 1 – Difratoograma de Raios-X da pasta de cimento Portland classe G em diferentes tempos após a mistura juntamente com os padrões cristalográficos

Fonte: Autor

Na Figura 2, é possível observar que a pasta de cimento Portland classe G possui um teor maior da fase portlandita e menor da fase calcita em relação às demais pastas; isso se deve ao fato de que a velocidade de reação do C3S foi maior, por isso, a fase portlandita é mais evidente e também existe um teor maior de C3S em sua composição. No entanto, em relação à fase calcita existem duas explicações: 1ª seria a sobra de resíduos provenientes da clínquerização (carbonatação) utilizada na produção do pó de cimento Portland, que é pouco provável, pois a temperatura crítica de dissociação do carbonato de cálcio puro a 1atm de pressão é de 894°C ⁽³⁷⁾ e a 2ª seria a reação da portlandita com o gás carbônico do ar produzindo a calcita. Esta última reação depende da concentração de CO_2 no ambiente, podendo chegar a 0,10% em volume no laboratório⁽³⁸⁾; depende, também, da umidade relativa do ar e da relação água/cimento, pois a água exerce influência nos poros das pastas de cimento, facilitando a difusão do gás carbônico pelo interior destes poros.

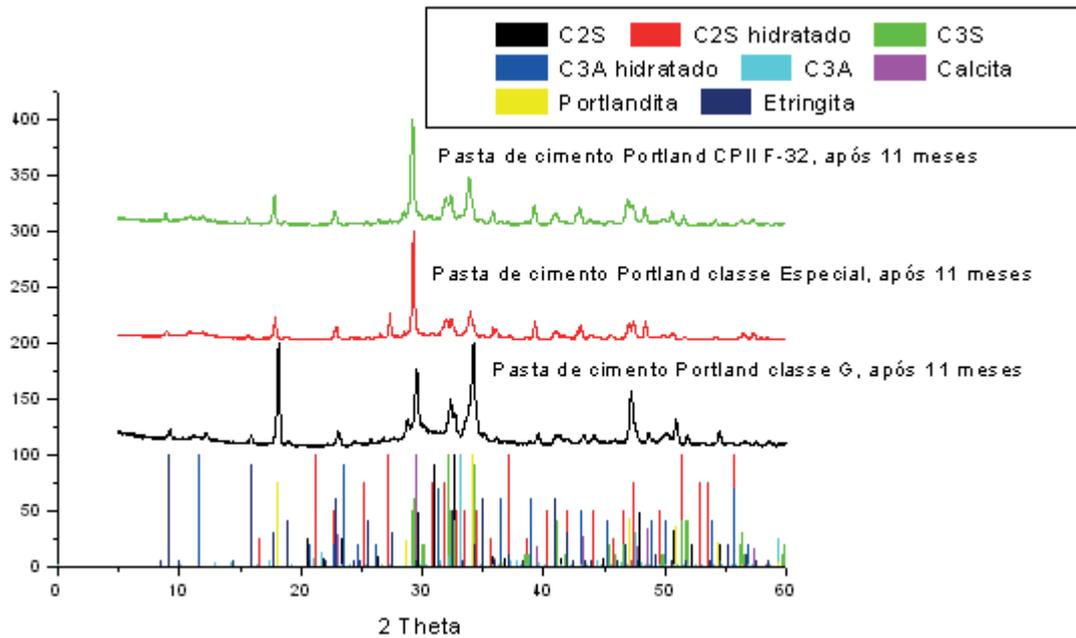


Figura 2 – Difractometria das pastas de cimento Portland classe G (preto), classe Especial (vermelho) e CII F-32 (verde) em 11 meses após a mistura

Fonte: Autor

Já é de conhecimento que as resinas epoxídicas são materiais termorrígidos amplamente utilizados em matrizes para compósitos, mas existem parâmetros que incluem a utilização de uma proporção de resina e endurecedor, em outras palavras, neste presente trabalho utilizamos a mesma fração em massa do endurecedor ($We = 0,33$) calculada pela Equação 1. A não utilização de um valor específico do We para cada tipo de cimento causou um comportamento diferente apresentado na Figura 3.

$$We = \frac{me}{me+mr} \quad (1)$$

Onde:

me: correspondem à massa de endurecedor

mr: resina utilizada na mistura.

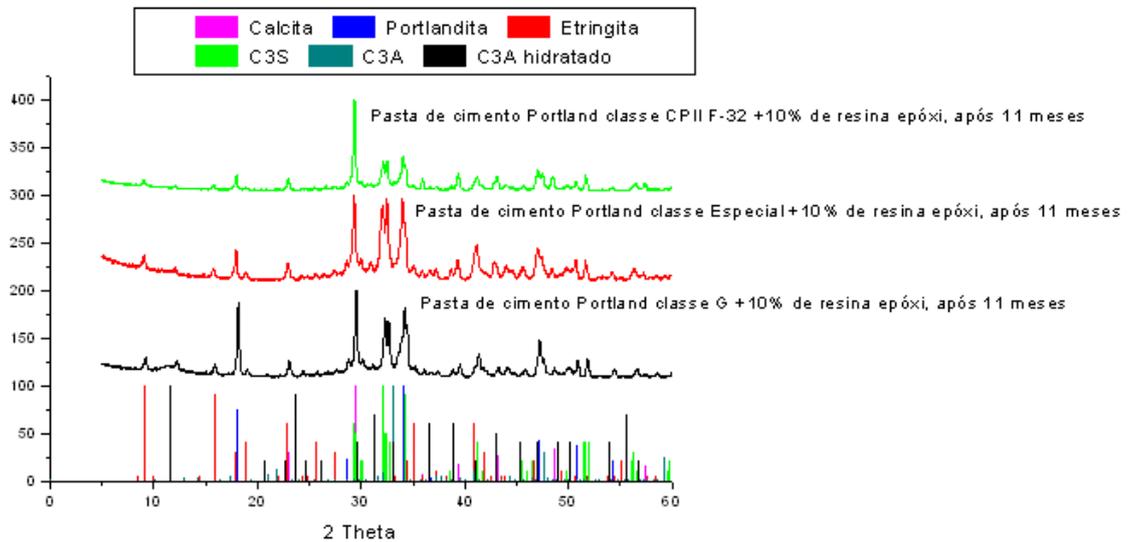


Figura 3 – Difractometria das pastas de cimento Portland aditivadas classe G (preto), classe Especial (vermelho) e CII F-32 (verde) em 11 meses após a mistura

Fonte: Autor

Na Figura 3, apresenta-se, além da mesma variação nas intensidades relativas nas fases calcita e portlandita para a pasta de cimento Portland classe G uma maior intensidade relativa da fase C3S para a pasta de cimento Portland classe especial em relação às demais e um decréscimo bem significativo nas intensidades relativas das fases para a pasta de cimento Portland CII F-32. Este resultado mostra que, em $We = 0,33$, a resina epóxi participa mais no processo de cristalização na pasta de cimento Portland classe Especial.

4.2 Microscopia Óptica

As Figuras 4 e 5, correspondendo a tempos de 30 minutos após a mistura em escalas de 100 μm e 200 μm respectivamente, apresentam uma mudança bem significativa, ou seja, a velocidade da reação água-cimento é maior na amostra de cimento Portland classe Especial. Em especial, observando a figura 86, percebe-se claramente a existência da pasta hidratada (A), das bolhas (B) e dos pequenos canais de água, que ainda não se misturou ao cimento. Então, devido a grande trabalhabilidade desta pasta, houve um aumento na coalescência da mesma, como também pode ser observado na Figura 6.

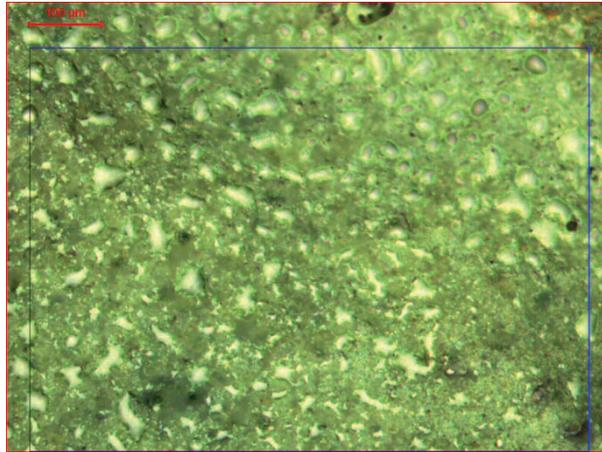


Figura 4 – Micrografia da pasta de cimento Portland classe Especial pura 30 minutos após a mistura, utilizando um filtro verde

Fonte: Autor

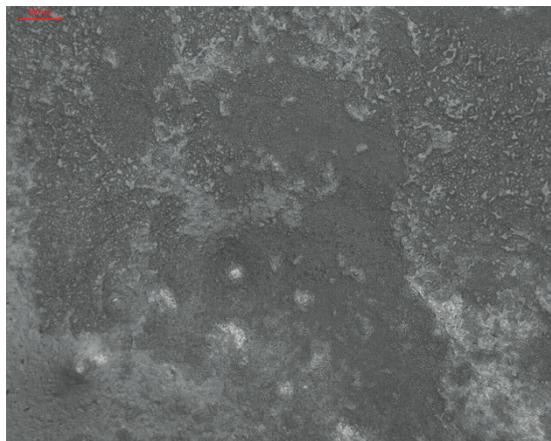


Figura 5 – Micrografia da pasta de cimento Portland classe Especial pura 30 minutos após a mistura

Fonte: Autor

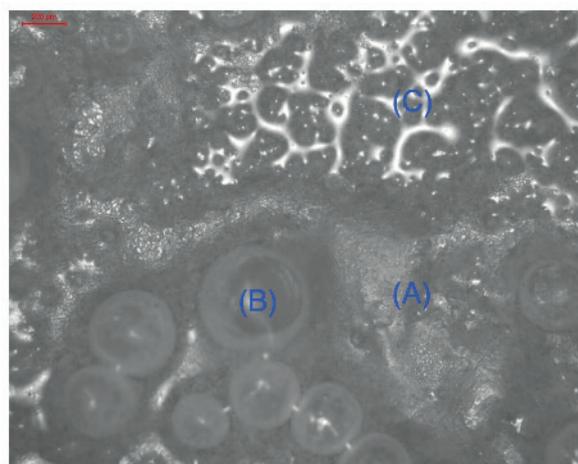


Figura 6 – Micrografia da pasta de cimento Portland classe Especial pura 1 hora após a mistura. (A) Pasta de cimento propriamente dita – início do processo de hidratação. (B) bolhas de água. (C) Pequenos canais de água, que ainda não se misturou ao cimento

Fonte: Autor

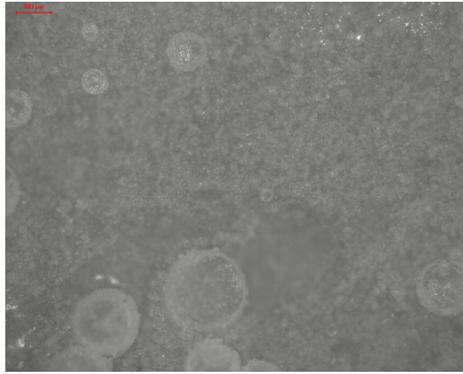


Figura 7 – Micrografia da pasta de cimento Portland classe Especial pura 1,5 horas após a mistura

Fonte: Autor

Nos primeiros 30 minutos, as forças de van der Waals são bem evidentes em relação à coulombiana entre a pasta de cimento e a água livre, conforme mostra a Figura 5. Entretanto, a Figura 6 mostra que em (A) as forças de van der Waals estão mais presentes, pois são essenciais ao processo de hidratação, mas em (B) mostra-se o contrário, isto é, a água está sendo repelida em forma de bolhas (coalescência), que acabam evaporando (ver figura 4.57 correspondente a 2 horas após a mistura). Em (C), por sua vez, há um certo equilíbrio entre essas forças, sendo que parte da água contida é utilizada na reação de hidratação e a outra parte simplesmente evapora.

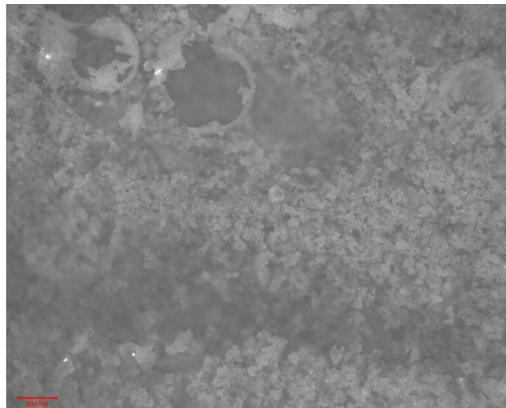


Figura 8 – Micrografia da pasta de cimento Portland classe Especial pura 2 horas após a mistura

Fonte: Autor

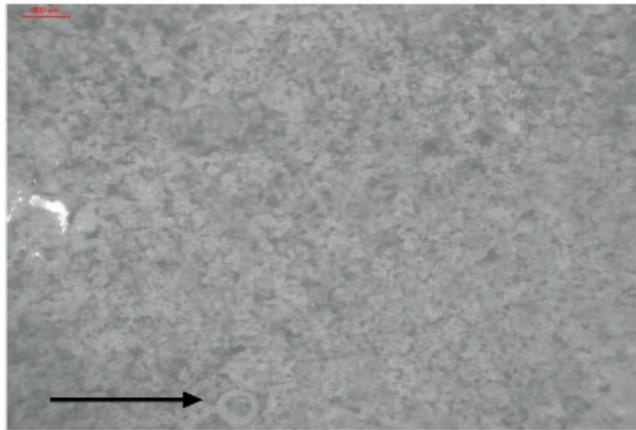


Figura 9 – Micrografia da pasta de cimento Portland classe Especial pura 2,5 horas após a mistura

Fonte: Autor

A Figura 8, ilustra o aumento da porosidade devido a evaporação da água e a superioridade das forças coulombianas entre a pasta e a água livre. No entanto, olhando as Figuras 9 e 10, realtiavas a 2,5 e 3 horas respectivamente, percebe-se que as forças de van der Waals voltam a agir; porque tanto esta força como a coulombiana agem de forma a entrar em equilíbrio dinâmica, melhorando a fluidez e diminuindo a porosidade.

5 | CONCLUSÃO

Pode-se concluir que a técnica de difratometria de XRD se mostrou adequada para acompanhar qualitativamente a evolução das fases durante o processo de hidratação das pastas de cimento Portland classe G, classe especial e CP F-32. A técnica de microscopia óptica pode ser usada para confirmar e explicar os difratogramas. A resina epóxi foi mais evidente na evolução das fases da pasta de cimento Portland classe especial, que foi causado devido a ação dispersiva da água por parte da resina

REFERÊNCIAS

Centro de Desenvolvimento de Recursos Humanos (CEN-NOR). **Operações com cimentação na completção**. Petróleo Brasileiro S.A. Petrobrás: Rio de Janeiro. 1995.

GRIESSER, Andréas; **Cement-Superplasticizer Interactions at Ambient Temperatures**. (A dissertation submitted to the SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY for the degree of Doctor of Technical Sciences) Zurich: SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY, 2002.

NEVILLE, Adam Matthew. **Propriedades do concreto**. São Paulo: PINI, 1997.

PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. **PETROBRÁS**: curso básico sobre cimentação primária. Rio de Janeiro: Petrobrás, 2002 (material didático).

ROYER, Betina; ASSUNÇÃO, Rosana M. N.; RODRIGUES, F., Guimes; MOTTA, Leila A. C. **EFEITO DA APLICAÇÃO DO POLIESTIRENO SULFONADO (PSSNa) COMO ADITIVO EM ARGAMASSAS E CONCRETOS PORTLAND CPV32**, Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol 15, nº 1, p. 63-69, 2005

U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. **Portland cement concrete materials manual**. Report no. FHWA-Ed-89-006 (August). Washington: FHWA, 1990.

FATORES SOCIOECONÔMICOS DO PERFIL DO EMPREENDEDOR BRASILEIRO

Felipe Kupka Feliciano

Universidade Federal de Santa Catarina,
Programa de Pós-Graduação em Engenharia e
Gestão do Conhecimento
Florianópolis – SC

Antonio Marcos Feliciano

Universidade Federal de Santa Catarina,
Programa de Pós-Graduação em Engenharia e
Gestão do Conhecimento
Florianópolis – SC

César Panisson

Universidade Federal de Santa Catarina,
Programa de Pós-Graduação em Engenharia e
Gestão do Conhecimento
Florianópolis – SC

Édis Mafra Lapolli

Universidade Federal de Santa Catarina,
Programa de Pós-Graduação em Engenharia e
Gestão do Conhecimento
Florianópolis – SC

RESUMO: Com importante contribuição no desenvolvimento social e econômico do país, o empreendedorismo propõe uma alternativa as pessoas que buscam espaço no mercado de trabalho, atuando, por necessidade ou oportunidade. Objetivando apresentar o perfil do empreendedor brasileiro, foram analisados dados sociodemográficos da pesquisa GEM 2016. Através de uma pesquisa de caráter

bibliográfico, qualitativo e exploratório, foi possível identificar inúmeros aspectos que configuram o atual perfil do empreendedor nacional. Este artigo, portanto, pretendeu identificar fatores a serem desenvolvidos pelas políticas públicas existentes no Brasil para o crescimento e estabelecimento de tais empreendimentos, fortalecendo a atividade empreendedora no país, possibilitando sua melhor compreensão. Ainda em tempo buscou-se refletir sobre características de nossos empreendedores as quais poderiam ser aprimoradas para uma melhor estruturação quando do início das atividades, bem como durante todo o ciclo de amadurecimento.

PALAVRAS-CHAVE: Empreendedorismo; Perfil Empreendedor; Políticas Públicas.

SOCIOECONOMIC FACTORS OF THE BRAZILIAN ENTREPRENEUR PROFILE

ABSTRACT: With an important contribution in the social and economic development of the country, entrepreneurship proposes an alternative to people who seek space in the labor market, acting, by necessity or opportunity. In order to present the profile of the Brazilian entrepreneur, sociodemographic data from the GEM 2016 research were analyzed. Through a bibliographical, qualitative and exploratory research, it was possible to identify innumerable

aspects that configure the current profile of the national entrepreneur. This article, therefore, sought to identify factors to be developed by the public policies existing in Brazil for the growth and establishment of such enterprises, strengthening the entrepreneurial activity in the country, allowing its better understanding. Still in time we sought to reflect on characteristics of our entrepreneurs that could be improved for a better structuring when the beginning of the activities, as well as during the whole maturation cycle.

KEYWORDS: Entrepreneurship; Profile Entrepreneur; Public policy.

1 | INTRODUÇÃO

O empreendedorismo tem se mostrado um instrumento relevante para a superação de crises e, sobretudo, tem, ao longo da história, contribuído consideravelmente com o desenvolvimento social e econômico dos países. As pessoas buscam empreender quando percebem a falta de espaço no mercado de trabalho.

O incentivo ao empreendedorismo está intrínseco em nossa legislação. Na Constituição Federal através do artigo 179, é instituído a todas as esferas de governo a obrigatoriedade em criar políticas de amparo aos empreendedores brasileiros. Ano após ano temos avançado nesta matéria. No ano de 2006 foi criado o Estatuto Nacional de Microempresa e da Empresa de Pequeno Porte, que trouxe entre outras ferramentas a criação do Simples Nacional, porém foi em 2008 o grande salto do empreendedorismo nacional com a criação da figura do MEI (Microempreendedor Individual). Através do MEI foi possível a formalização do microempresário cuja receita bruta era, naquele momento, de até R\$ 36.000,00 por ano. Com isso vendedores ambulantes, empregadas domésticas, proprietários de pequenos estabelecimentos entre outras ramificações, puderam ter acesso a um CNPJ com baixa tributação, além de todos seus benefícios como por exemplo financiamentos públicos. No ano de 2017 o teto da receita bruta do MEI foi elevado para R\$ 81.000,00 por ano, mostrando o potencial do microempreendedor.

A chave central deste estudo consiste em apresentar um perfil de empreendedor que atua na economia real e em quais pontos se faz necessário os avanços. Por mais alta que se pareçam as taxas de empreendedorismo é preciso fazer uma revisão aprofundada em quais segmentos estamos empreendendo, bem como a motivação utilizada, para que possamos compreender se o empreendedorismo brasileiro tem a força de alavancar nossa economia, ou se é utilizado apenas como instrumento de sobrevivência para uma população sem muitas chances no mercado formal de trabalho.

Segundo Timmons (1994), o empreendedorismo é uma revolução silenciosa, que será para o século XXI mais do que a revolução industrial foi para o século XX.

O empreendedor é o responsável pelo crescimento econômico e pelo

desenvolvimento social. Por meio da inovação, dinamiza a economia. O conceito de empreendedorismo trata não só de indivíduos, mas de comunidades, cidades, regiões, países. Implica a ideia de sustentabilidade. O empreendedorismo é a melhor arma contra o desemprego (DOLABELA, 2008, p. 30).

Nesta linha, é de suma importância o avanço na formulação de políticas e programas de apoio à criação e desenvolvimento de empreendimentos no âmbito nacional. Os dados analisados possuem foco nos indivíduos e não apenas nas empresas, trazendo para o estudo empreendedores formais como também informais.

O presente artigo objetivou apresentar o perfil do empreendedor brasileiro a partir dos resultados sociodemográficos alcançados pela GEM (Global Entrepreneurship Monitor) 2016 - Empreendedorismo no Brasil, bem como desafios a serem vencidos para a consolidação de um país empreendedor.

2 | EMPREENDEDORISMO

O empreendedorismo é a pedra fundamental de todo e qualquer projeto de inovação, sendo uma importante atividade para o crescimento econômico de uma nação. O empreendedor consegue perceber uma oportunidade onde a maioria das pessoas não a percebem, desta forma ele consegue inovar utilizando os recursos disponíveis de maneira criativa, desenvolvendo novas formas e sistemas, bem como novos produtos e tecnologias. Empreender é criar sem o medo de errar, realizando a gestão do erro, para assumir apenas riscos calculados.

Seguindo a evolução do conceito, Schumpeter (1982) afirmava que o empreendedorismo é um processo de “destruição criativa”, através do qual métodos e produtos existentes são desconstruídos para o desenvolvimento de novas formas. Já para Drucker (2016) o empreendedor é aquele que busca e reage a mudança, visando uma oportunidade que não é vista pelas outras pessoas. Para Barreto (1998, p. 190) “empreendedorismo é habilidade de criar e constituir algo a partir de muito pouco ou de quase nada”.

O empreendedor está apto a promover inovações através de um comportamento proativo e criativo, definindo parâmetros do que pretende realizar e quais os meios necessários para alcançar o resultado esperado, sempre mantendo alto nível de consciência do ambiente onde vive, utilizando este sentido para a detecção de novas oportunidades (FILION, 1999)“issued”:{“date-parts”:[["1999"]]}},“schema”:"https://github.com/citation-style-language/schema/raw/master/csl-citation.json"} .

As características intrínsecas no empreendedor segundo Bueno e Lapolli (2001) são: velocidade, polivalência, visão, capacidade de realização e entendimento interpessoal (capacidade de relacionamentos). Para melhor entendimento, estão destacadas tais características, conforme segue:

a) Velocidade: tem como relevância a prontidão, atenção, pré-planejamento, espírito de liderança e a capacidade de tomar decisões urgentes com eficácia e

eficiência em situações emergentes, sendo necessário o raciocínio rápido sobre problemas;

b) Polivalência: possuir capacidade de desenvolver várias tarefas ao mesmo tempo, sob rápida adaptação a grupos e ambientes;

c) Visão: através do conhecimento tácito, o qual constitui-se de suas experiências reais, proporcionar capacidade de compreensão, análise, avaliação e ação sobre as situações da vida e do trabalho;

d) Capacidade de Realização: executar de maneira correta ações traçadas no planejamento estratégico do empreendimento, com a capacidade de realizar análises e estudos de erros, bem como a correção de caminhos tortuosos para a retomada de rotas seguras e adequadas. A superação de obstáculos para cumprimento das atividades se torna uma capacidade necessária;

e) Capacidade de Compreensão Intrapessoal e Interpessoal: necessidade de empatia, equilíbrio emocional para um melhor relacionamento interpessoal. Capacidade de liderar a harmonização de grupos afim de realizar persuasão. Conseguir reagir a situações difíceis, rivalidades e concorrências, para uma melhor orientação, evitando o atrito.

Feliciano (2008) sugere que empreendedores ao criar e conduzir seus empreendimentos, vivendo em meio à sociedade do conhecimento, possuem a capacidade de perceber que a potencialização de suas habilidades, além de agregar competências, passa a ser condição básica na busca do sucesso pessoal e profissional.

O empreendedorismo possui em seus princípios básicos, muito mais do que apenas o desenvolvimento econômico, ele é de suma importância do ponto de vista social, trazendo inovações capazes de mudar não apenas o cenário da economia de um país, mas a vida de toda a sociedade.

“O papel do empreendedorismo no desenvolvimento econômico envolve mais do que apenas o aumento de produção e renda *per capita*; envolve iniciar e constituir mudanças na estrutura do negócio e da sociedade” (HISRICH; PETER; SHEPHERD, 2014, p. 33).

No Brasil, a prática do empreendedorismo, tem se tornado cada vez mais uma forte opção de carreira, frente às dificuldades socioeconômicas encontradas, que vem reduzindo as oportunidades de ingressar no mercado de trabalho (ROSA; LAPOLLI, 2010).

O ato de empreender se divide basicamente sob dois aspectos motivacionais, a oportunidade e a necessidade, podendo as duas andarem juntas. O empreendedorismo por oportunidade se faz quando o indivíduo sabe aonde quer chegar, realiza um planejamento prévio, sabe o crescimento que quer buscar para a empresa e visa a geração de lucro, empregos e riqueza, em contrapartida o empreendedorismo por necessidade o indivíduo por estar desempregado sem alternativas de trabalho, se aventura em uma jornada empreendedora por não ter outra opção (DORNELAS,

2018).

Dornelas (2018, p. 19) ainda define que o empreendedorismo consiste no envolvimento de pessoas e processos que levam à transformação de ideias em oportunidades e que a perfeita implementação dessas oportunidades leva à criação de negócios de sucesso. O empreendedor não espera a oportunidade aparecer, ele a cria inspirado em suas ideias.

Desta forma é possível dizer que o empreendedor possui iniciativa para criar, paixão por novos desafios, tem criatividade na utilização de recursos disponíveis, transforma o ambiente social e econômico de onde vive, além de assumir a possibilidade do fracasso, administrando os riscos.

3 | METODOLOGIA

A presente pesquisa assumiu características de estudo bibliográfico, de caráter qualitativo e exploratório. Bibliográfico porque através da bibliografia foi possível realizar o embasamento teórico necessário para complementar com a análise dos dados apresentados.

Para realização da pesquisa qualitativa, foram analisados os dados apresentados pela *Global Entrepreneurship Monitor* (GEM) para o ano de 2016, por ser considerada atualmente a mais abrangente pesquisa anual sobre a atividade empreendedora no mundo, pois explora o papel do empreendedorismo como instrumento de desenvolvimento social e econômico.

A pesquisa também assume caráter exploratório, aproximando o pesquisador do estudo apresentado, ampliando o campo de contribuição sobre o assunto.

Nesta investigação foi utilizado a pesquisa bibliográfica como procedimento de obtenção de dados, tendo como fonte de dados e informações livros, publicações, teses e dissertações que abordam o tema do empreendedorismo.

Afim de apresentar um perfil empreendedor, foram analisados dados sociodemográficos com relevante interferência nas taxas de empreendedorismo, bem como principais setores econômicos escolhidos para se empreender e motivações utilizadas, com a participação de empreendedores formais e informais.

Para alcançar o resultado desejado, foram analisadas as taxas de empreendedorismo em sua forma geral, bem como em subgrupos (nascentes, iniciais e estabelecidos), correlacionando com os segmentos da população previamente selecionados, Gênero, Faixa Etária, Renda e Escolaridade, bem como o Faturamento anual e o tipo de cliente atendido.

4 | PERFIL DO EMPREENDEDOR BRASILEIRO – ANÁLISE SOCIODEMOGRÁFICA

O empreendedorismo brasileiro vem demonstrando crescimento desde o ano de 2002, sendo uma alternativa de renda as pessoas que buscam seu espaço no

mercado de trabalho, porém no ano de 2016 ocorreu uma pequena queda a qual é possível verificar conforme Gráfico 1, onde observamos a evolução cronológica das taxas de empreendedorismo do Brasil de 2002 a 2016.

A taxa total de empreendedores brasileiros diminuiu de 39,3% em 2015 para 36,0% 2016, podendo ser explicada pela crise econômica, mas também pela falta de confiança da população em relação aos rumos da economia e da política nacional. O mesmo ocorreu com a taxa de empreendedores iniciais, pessoas que já receberam algum provento de seu novo negócio por mais de 3 meses e por menos de 42 meses (três anos e meio), e com a taxa de empreendedores estabelecidos, os quais já conseguiram superar a barreira dos 42 meses de atividade. Ambas obtiveram uma redução de aproximadamente 2% de 2015 para 2016. É preciso ainda conceituar empreendedores nascentes como empreendedores com menos de 3 meses de atividade, tal termo será utilizado ao longo do estudo apresentado.

Vale ressaltar que mesmo ocorrendo esta queda em 2016, o ano apresentou um importante resultado, já que é a segunda melhor marca desde 2002, ano em quem o país começou a vivenciar uma instabilidade econômica.

Este cenário evidencia uma consolidação do empreendedorismo como alternativa ao emprego formal, porém se faz necessário o acompanhamento nos próximos anos, para que esta queda não acentue, afetando ainda mais nossa economia.



Gráfico 1 – Taxa de empreendedores Iniciais, Estabelecidos e Total– Brasil 2002-2016.

Fonte: Adaptado de GEM Brasil 2016.

Em análise, fica evidente que a taxa de empreendedorismo brasileiro está em trajetória crescente, por isso se faz necessário conhecer mais aspectos do perfil do empreendedor brasileiro. Esta pesquisa tem como finalidade propor tal perfil através de uma análise sociodemográfica.

Iniciando a análise através da categoria gênero, identificamos que existe uma equidade entre empreendedores iniciais tanto de mulheres quanto homens, reforçando a existência de iguais oportunidades para o início de empreendimentos, porém um dado chama a atenção, o índice de mulheres que conseguem estabelecer

seus empreendimentos é 14,6% abaixo do que os homens, sendo assim possível supor que um preconceito no mundo dos negócios ainda é presente. Outra análise é talvez a difícil equação entre a vida pessoal e profissional da mulher, que geralmente possui o chamado terceiro turno, onde além da jornada natural de trabalho, precisa ao chegar em casa cuidar dos filhos e dos afazeres do lar.

Analisando os resultados por faixa etária, é possível perceber características que poderiam ser trabalhadas para um melhor desenvolvimento da atividade empreendedora. A maior faixa de empreendedores iniciais do Brasil está entre 25 e 34 anos (30,3%), tendo como menor resultado o grupo com idades entre 55 e 64 anos (10,4%). Talvez a análise com maior relevância possível de ser feita é o erro de gestão e planejamento em relação a faixa entre 55 e 64 anos, pois ao confrontar com todas as projeções de expectativa de vida, nos próximos anos teremos cada vez mais uma população com maior idade, e geralmente é nesta faixa etária em que o trabalhador perde espaço no mercado formal de trabalho, e empreender poderia se tornar uma alternativa profissional.

No que tange a formação do empreendedor, entramos em um campo em que significativos avanços precisam ser trabalhados. Conforme tabela 1, podemos identificar que cerca de metade dos empreendedores brasileiros não concluíram o ciclo básico de ensino composto por fundamental e médio (estabelecidos 55,4% e iniciais 47,3%), com este resultado já encontramos um primeiro ponto de atenção. O Brasil é percebido internamente como um país empreendedor, porém praticamente metade de seus empreendedores não possui o ensino básico. Esta baixa escolaridade, pode ser uma das causas da mortalidade dos empreendimentos. A falta de conhecimento específico leva a dificuldades de reagir a problemas, agravando situações que poderiam ser resolvidas através de uma gestão estratégica definida quando do início do negócio.

Os dados analisados referentes a percentuais de empreendedorismo classificados por gênero, faixa etária, renda e escolaridade, podem ser observados na Tabela 1.

Segmentos da População	% Empreendedores	
	Iniciais	Estabelecidos
Gênero		
Masculino	48,5	57,3
Feminino	51,5	42,7
Faixa Etária		
18 a 24 anos	19,7	6,2
25 a 34 anos	30,3	17,9
35 a 44 anos	22,9	30,1
45 a 54 anos	16,6	26,5
55 a 64 anos	10,4	19,2
Renda		
Até 1 salário mínimo	13,7	9,7
Mais de 1 até 3 salários mínimos	57,3	50,3
Mais de 3 até 6 salários mínimos	25,4	34,6
Mais de 6 salários mínimos	3,5	5,3
Escolaridade		
Nenhuma Educação Formal/Ensino Fundamental Incompleto	27,4	29,2
Ensino Fundamental Completo/Ensino Médio Incompleto	19,9	26,2
Ensino Médio Completo/Ensino Superior Incompleto	46,4	38,1
Superior Completo/Pós-graduação Incompleta ou Completa	6,3	6,4

Tabela 1 – Distribuição percentual de Empreendedores Iniciais e Estabelecidos por gêneros, faixa etária, renda e escolaridade.

Fonte: Adaptado de GEM Brasil 2016.

Da mesma forma este fator reflete diretamente na escolha do segmento a ser empreendido, como é possível verificar na tabela 2. As principais atividades escolhidas a se empreender, são atividades de baixa necessidade de estudo, muitas vezes aprendida na prática do dia a dia, um conhecimento tácito de grande relevância, porém sem o entendimento de o porquê da necessidade de sua aplicação.

Outro fator importante é a baixa participação em empreendimentos de indivíduos com superior completo ou pós-graduação incompleta ou completa (estabelecidos 6,4% e iniciais 6,3%), isto remete a uma reflexão sobre a falta de incentivo em agregar indivíduos com conhecimento técnico ao empreendedorismo brasileiro. Pessoas pertencentes a estes perfis são atraídas por boas condições financeiras no mercado de trabalho formal, de modo a não contribuírem para o contexto empreendedor.

Analisando a distribuição percentual de empreendedorismo por renda, verificamos que 71,0% dos empreendimentos iniciais são compostos por empreendedores com renda familiar até três salários mínimos, a proporção se mantém quando se analisa os estabelecidos com 60,0%. Isto demonstra que o brasileiro ao encontrar dificuldades em trabalhos formais, busca no empreendedorismo uma alternativa para a sobrevivência familiar, chamado de empreendedorismo por necessidade. Ao se tornar empreendedor por necessidade, não existem margens para erro, pois o capital inicial é baixo, desta forma o medo do risco faz com que os empreendedores optem por segmentos aos quais acreditam serem mais seguros, como áreas de construção civil, venda e manuseio de produtos voltados a estética, além de serviços domésticos. Tais serviços correlacionados a baixa escolaridade, podem ser a explicação do baixo faturamento atingido por estes empreendedores.

Conforme é possível analisar na tabela 2, o faturamento anual de praticamente metade dos empreendedores não passa de R\$ 12.000,00, isto significa menos de R\$ 1.000,00 por mês, próximo a 1 salário mínimo. Este ponto sugere que um

importante avanço necessita ser realizado para uma melhor saúde financeira de nossos empreendedores.

Faturamento	% Empreendedores	
	Iniciais	Estabelecidos
Não informaram faturamento	1,8	2,9
Ainda não faturou nada	30,6	-
Até R\$ 12.000,00 (+ - R\$ 1.000,00 mês)	45,7	50,2
De R\$ 12.000,01 a R\$ 24.000,00 (+ de R\$1.000,00 até R\$ 2.000,00 mês)	14,4	28,8
De R\$ 24.000,01 a R\$ 36.000,00 (+ de R\$ 2.000,00 até R\$ 3.000,00 mês)	5,3	7,7
De R\$ 36.000,01 a R\$ 48.000,00 (+ de R\$ 3.000,00 até R\$ 4.000,00 mês)	1,3	4,0
De R\$ 48.000,01 a R\$ 60.000,00 (+ de R\$ 4.000,00 até R\$ 5.000,00 mês)	0,7	3,2
De R\$ 60.000,01 a R\$ 100.000,00 (+ de R\$ 5.000,00 até R\$ 8.333,33 mês)	0,3	2,0
De R\$ 100.000,01 a R\$ 240.000,00 (+ de R\$ 8.333,33 até R\$ 20.000,00 mês)	0,0	1,2
Acima de R\$ 240.000,00 (+ de R\$ 20.000,00 mês)	-	0,0
Total	100,0	100,0

Tabela 2 – Distribuição percentual de empreendedores iniciais e estabelecidos conforme faturamento.

Fonte: Adaptado de GEM Brasil 2016.

Analisando o faturamento podemos afirmar que mais de 96% dos empreendedores poderiam ser classificados como Microempreendedor Individual (MEI), tendo em vista que em 2016, quando a pesquisa foi realizada, o limite de faturamento anual do MEI era de R\$ 60.000,00. Esse valor se mostra muito aquém do que poderia ser considerado razoável para a sustentabilidade financeira dos empreendimentos e saudável à economia nacional, pois demonstra que mesmo empreendimentos estabelecidos de modo geral não conseguem aumentar seu faturamento de maneira significativa, apontando haver um longo caminho a ser percorrido no desenvolvimento de políticas públicas para fomento ao empreendedorismo. Não podemos deixar de ressaltar que de maneira positiva, ao compararmos empreendedores iniciais e estabelecidos, a faixa de faturamento que abrange de R\$ 100.000,01 a R\$ 240.000,00 possui significativo aumento de 0% a 1,2%, sugerindo que os estabelecimentos estão conseguindo superar as dificuldades econômicas atuais.

Conforme o gráfico 2 é possível verificar que tanto empreendedores nascentes e iniciais, quanto os estabelecidos, ao selecionar o perfil de cliente a ser atendido, possuem seu foco em pessoa física, com mais de 65% (nascentes 67,2%; iniciais 75,9%; estabelecidos 73,2%). A melhor explicação para este cenário talvez seja a menor burocracia necessária, já que para realizar transações com corporações e governo, são necessárias notas fiscais entre outros certificados junto ao município e estado.

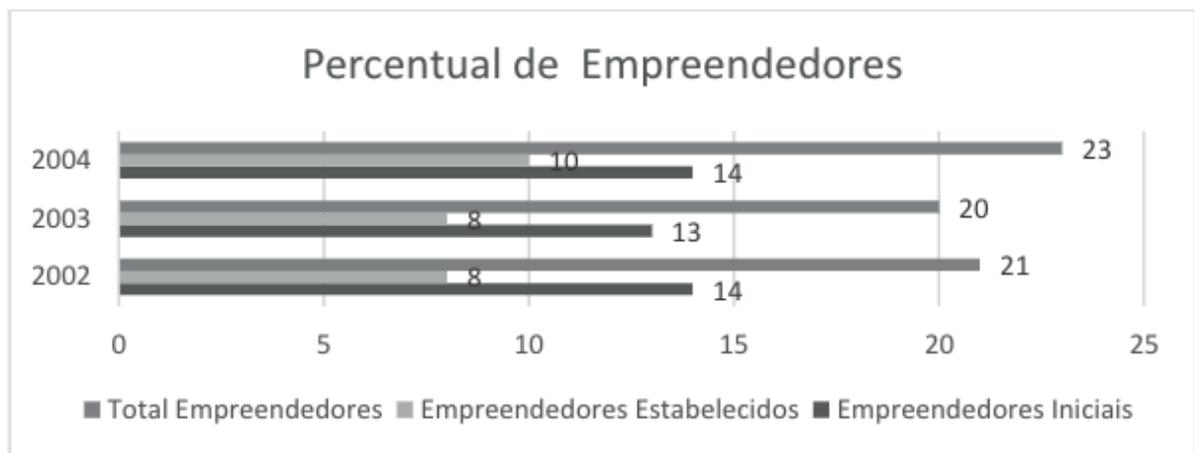


Gráfico 2 – Distribuição percentual de empreendedores nascentes, novos e estabelecidos segundo tipo de clientes atendidos.

Fonte: Adaptado de GEM Brasil 2016.

É possível perceber também que os empreendedores acreditam ser mais vantajoso atender aos dois grupos de clientes do que focar apenas em pessoa jurídica, podendo indicar que ao trabalhar com pessoa jurídica, é necessário dispor de um valor maior de produção para suprir a demanda, e quando ocorre o atraso ou não pagamento, a vida do empreendimento fica comprometida, manter a comercialização direta com pessoa física, mantém um retorno financeiro mais rápido.

Confrontando as atividades dos empreendimentos, é possível realizar diversas análises comparando seus estágios, conforme tabela 4. Serviços especializados para construção se mantem no topo entre novos (9,6%) e estabelecidos (14,4%), porém nem aparece entre as principais atividades dos nascentes, uma possível explicação seria o fato de ser necessário um investimento maior quando no início desta atividade, não atraindo empreendedores que não possuem muito capital. Em contrapartida, Restaurantes e outros estabelecimentos de serviços de alimentação e bebidas é a principal atividade entre os empreendedores nascentes (14,4%), porém possui uma grande queda entre os novos (6,8%) e não figura entre estabelecidos, levando a entender que não existe um planejamento estratégico por parte dos empreendedores, logo ao entrar em um mercado acirrado, sua pouca ou inexistente experiência acaba por abreviar a vida do estabelecimento.

Principais Atividades dos Empreendedores					
Nascentes		Novos		Estabelecidos	
Atividades (CNAE)	%	Atividades (CNAE)	%	Atividades (CNAE)	%
Restaurantes e outros estabelecimentos de serviços de alimentação e bebidas	14,4	Serviços especializados para construção	9,6	Serviços especializados para construção	14,4
Comércio varejista de artigos do vestuário e acessórios	8,7	Cabeleireiros e outras atividades de tratamento de beleza	9,4	Cabeleireiros e outras atividades de tratamento de beleza	13,3
Serviços de catering, bufê e outros serviços de comida preparada	7,0	Serviços domésticos	9,4	Serviços domésticos	6,0
Manutenção e reparação de veículos automotores	6,8	Comércio varejista de artigos do vestuário e acessórios	8,1	Obras de acabamento	5,6
Cabeleireiros e outras atividades de tratamento de beleza	5,1	Serviços de catering, bufê e outros serviços de comida preparada	7,0	Comércio varejista de cosméticos, produtos de perfumaria e de higiene pessoal	4,4
Serviços ambulantes de alimentação	4,8	Restaurantes e outros estabelecimentos de serviços de alimentação e bebidas	6,8	Serviços de catering, bufê e outros serviços de comida preparada	4,3
Comércio varejista de cosméticos, produtos de perfumaria e de higiene pessoal	3,3			Comércio varejista de artigos do vestuário e acessórios	3,8
Outras Atividades	49,9	Outras Atividades	49,7	Outras Atividades	48,2

Tabela 4 – Distribuição percentual de empreendedores nascentes, novos e estabelecidos segundo as atividades de suas atividades.

Fonte: Adaptado de GEM Brasil 2016.

Um fato interessante é que as três principais atividades de novos e estabelecidos empreendedores são as mesmas (Serviços especializados para construção, Cabelereiros e outras atividades de tratamento de beleza e Serviços domésticos), demonstrando um fortalecimento do setor.

Cabe reforçar o perfil das principais atividades de ambos grupos de empreendedores, todos são focados em serviços. Atividades as quais em linhas gerais, podem ser consideradas com menor necessidade de conhecimento específico e capital inicial, confirmando as informações de baixa escolaridade apresentada pelos empreendedores, bem como uma renda menor.

Um fator interessante de reflexão é a falta de atividades voltadas a inovação tecnológica, mais de 50% das atividades econômicas de qualquer estágio do empreendimento são voltadas ao serviço, demonstrando a falta de políticas públicas de incentivo a inovação.

De modo geral, o perfil do empreendedor nacional pode ser classificado como empreendedores de meia idade, com baixa renda, pouca escolaridade, além de foco em serviços. Dessa forma, podemos afirmar que há necessidade de apoio de políticas públicas visando promover a permanências desses empreendimentos no mercado, criando um ciclo virtuoso ao empreendedorismo.

Além desses, cabe ao poder público e entidades representativas discutir e implementar estratégias de competitividade para os microempreendedores,

oferecendo suporte institucional para que os empreendimentos prosperem.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos dados referentes ao empreendedorismo brasileiro, permite reflexões sobre o quanto ainda podemos avançar, proporcionando maior solidez à economia nacional. O empreendedor tem buscado nesta forma de remuneração uma alternativa à crise econômica, operando por necessidade ao invés de buscar oportunidades ainda não trabalhadas.

O Brasil tem conseguido manter a curva ascendente das taxas de empreendedorismo, mesmo durante este período de instabilidade e desconfiança econômica, porém existem pontos de atenção que precisam ser levados em consideração para um julgamento propositivo de tal cenário.

Não existe desigualdade de gênero quando do início de empreendimentos, ambos os sexos conseguem as mesmas oportunidades, porém as mulheres possuem grande problema em consolidar seus negócios, estabelecendo seus empreendimentos. Alguns fatores precisam ser levados em consideração como a ainda presente dificuldade em buscar financiamentos por parte das mulheres, preconceito existente no ambiente de negócios e a difícil forma de equacionar a vida pessoal e profissional.

As diferenças encontradas na faixa etária demonstram um despreparo estratégico para as gerações futuras. As pesquisas apontam que a população brasileira irá ser mais velha nas próximas décadas, com o aumento da expectativa de vida, porém isto se torna inversamente proporcional quando se verifica o baixo número de pessoas beirando os 60 anos a empreenderem no país, momento ao qual geralmente elas perdem seu espaço no mercado de trabalho formal.

A escolaridade é outro importante fator que precisa ser tratado. É preciso aumentar o estímulo e investimento em ensino para que empreendedores se tornem mais maduros do ponto de vista do conhecimento, fator que entendemos, ser contributivo para a redução da mortalidade dos empreendimentos por falta de gestão e planejamento, salientando que dois terços dos indivíduos não completam o ciclo natural de ensino fundamental e médio, em contrapartida programas de fortalecimento do empreendedorismo precisam ser criados, para que empreendedores ao alcançarem um grau maior de conhecimento, não migrem para a busca de carreiras sólidas em grandes empresas, o que ocorre hoje com indivíduos com formação superior completa ou pós graduação incompleta ou completa.

Um fator de suma importância que precisa ser equilibrado é a atividade econômica escolhida para se empreender. Hoje mais da metade dos empreendedores focam no setor de serviços, deixando de lado a inovação tecnológica. É preciso criar políticas de apoio, incentivo e fomento a inovação. O Brasil é um país rico em

pesquisadores, porém ainda possui a cultura de exportar a matéria prima e importar o produto final. O desenvolvimento passa pelo aumento de criação de tecnologias nacionais.

Analisando os dados apresentados na pesquisa é possível afirmar que o brasileiro é empreendedor por sobrevivência, utilizando do empreendedorismo como a última alternativa de prosperar na vida, porém o alento é a grande capacidade empreendedora do brasileiro, que percebe alternativas em pequenas coisas. Com apoio financeiro, políticas públicas voltadas a criação e manutenção a longo prazo, bem como estímulo e investimento educacional, a economia nacional poderia dar um grande salto utilizando o potencial empreendedor dos cidadãos como seu principal apoio.

6 | AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado durante o período de bolsa de estudos apoiado pelo Programa de Excelência Acadêmica da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior).

REFERÊNCIA

BARRETO L. P. **Educação para o Empreendedorismo**. Salvador: Escola de Administração de Empresa da Universidade Católica de Salvador, 1998.

BUENO, J. L. P.; LAPOLLI, É. M. **Vivência empreendedoras: empreendedorismo tecnológico na educação**. Florianópolis: UFSC, 2001.

DOLABELA, F. **O segredo de Luísa**. São Paulo: Sextante, 2008.

DORNELAS, J. C. A. **Empreendedorismo - Transformando ideias em negócios**. 7. ed. São Paulo: Empreende, 2018.

DRUCKER, P. **Inovação e Espírito Empreendedor: Prática e Princípios**. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

FELICIANO, A. M. **CONTRIBUIÇÕES DA GESTÃO DO CONHECIMENTO PARA AÇÕES EMPREENDEDORAS DE INCLUSÃO DIGITAL**. 2008. 160 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2008.

FILION, L. J. Empreendedorismo: empreendedores e proprietários-gerentes de pequenos negócios. **RAUSP – Revista de Administração da Universidade de São Paulo**, [s. l.], v. 34, n. 2, p. 6–28, 1999.

GLOBAL ENTREPRENEURSHIP MONITOR (GEM). **Empreendedorismo no Brasil - 2016**. Coordenação de simara Maria de souza Silveira Greco; diversos autores. Curitiba: IBQP.

HISRICH, R. D.; PETER, M. P.; SHEPHERD, D. A. **Empreendedorismo**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

IBGE. Projeção da população do Brasil e Unidades da Federação por sexo e idade para o período 2000-2030. 2016. Recuperado em 9 de fevereiro, 2018, de ftp://ftp.ibge.gov.br/Projecao_da_Populacao/Projecao_da_Populacao_2013/nota_metodologica_2013.pdf

ROSA, S. B.; LAPOLLI, É. M. Santa Catarina: um estado que é uma vitrine de talentos. In: LAPOLLI, É. M.; FRANZONI, A. M. B.; SOUZA, V. A. B. (Orgs.). **Vitrine de talentos: notáveis empreendedores em Santa Catarina**. p. 13–38. Florianópolis: Pandion, 2010.

SCHUMPETER, J. A. **Teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre capital, crédito, juro e o ciclo econômico**. Tradução Maria Silva Possas. São Paulo: Abril Cultural, 1982.

TIMMONS, J. A. **New Venture Creation: Entrepreneurship for the 21st Century**. 4. ed. Chicago: Irwin, 1994.

IDENTIFICAÇÃO DE DANOS ESTRUTURAIS USANDO REDES NEURAIS ARTIFICIAIS BASEADA EM UM MODELO DE DANO CONTÍNUO

Rosilene Abreu Portella Corrêa

Universidade Federal Fluminense, Departamento de Ciências Exatas, Biológicas e da Terra, Santo Antônio de Pádua, RJ.

Cleber de Almeida Corrêa Junior

Universidade Federal Fluminense, Departamento de Ciências Exatas, Biológicas e da Terra, Santo Antônio de Pádua, RJ.

Jorge Luiz Pereira

Universidade Federal Fluminense, Departamento de Ciências Exatas, Biológicas e da Terra, Santo Antônio de Pádua, RJ.

RESUMO: Danos estruturais, além de comprometer o desempenho da estrutura, ainda podem colocar vidas humanas em risco e causar grandes prejuízos financeiros. O monitoramento contínuo da mesma visa que danos em estágio inicial sejam identificados, aumentando a confiabilidade e a segurança daqueles que a utilizam. Neste trabalho, utiliza-se um modelo de identificação de danos baseado na matriz de flexibilidade estrutural onde o campo de danos para a viga de Euler-Bernoulli simplesmente apoiada é descrito via Método dos Elementos Finitos (Stutz, 2005). Apresenta-se uma revisão do desempenho dos modelos de localização de danos analisados por Corrêa (2013) e apresentam-se resultados da utilização de redes neurais artificiais (RNA)

para lidar com o problema de identificar danos quando dados incompletos são utilizados e quando há presença de sinais corrompidos por ruído.

PALAVRAS-CHAVE: Identificação de Danos, Matriz de Flexibilidade, Dados Ruidosos, Rede Neural Artificial.

STRUCTURAL DAMAGE IDENTIFICATION VIA ARTIFICIAL NEURAL NETWORK BASED ON CONTINUOUS DAMAGE MODEL

ABSTRACT: Structural damage, as well as compromising the performance of the structure, can still put lives at risk and cause major financial losses. The continuous monitoring of the same aims that damage in the initial stage are identified, increasing the reliability and security of those who use it. In this study, it uses a model of identification of damage based on the matrix of structural flexibility where the field of damage to Euler-Bernoulli beam simply supported is described via the Finite Element Method (Stutz, 2005). It presents a review of the performance of the models of location of damage analyzed by Corrêa (2013) and presents results of the use of artificial neural networks (ANN) to deal with the problem of identifying damage when incomplete data are used and when there is presence of signals corrupted by noise.

KEYWORDS: Damage Identification, Flexibility Matrix, Noise Data, Artificial Neural Network

1 | INTRODUÇÃO

Estruturas de pequeno ou grande porte – tais como residências, edifícios, pontes, barragens – desfrutam hoje em dia de avanços tecnológicos ligados a processos construtivos e uso de materiais mais elaborados que aumentam a segurança e a resistência da estrutura. Porém, apesar da sofisticação, as estruturas podem apresentar falhas mesmo em condições normais de uso. Danos estruturais podem prejudicar a performance e a integridade de uma estrutura, podendo colocar em risco vidas humanas. Inserida nesse contexto, a identificação de danos em estruturas é um tópico relevante tanto para o meio acadêmico quanto para a indústria (Cunha, 2014). Por isso, as pesquisas sobre identificação de danos, em uma determinada estrutura, bem no seu início e, o seu contínuo monitoramento, têm chamado a atenção de estudiosos de diversas áreas como: Engenharia Civil, Engenharia Mecânica, Engenharia Naval, Engenharia Aeronáutica, e assim por diante. A identificação do dano na fase inicial permite a redução de custos de manutenção e reparação, possibilitando um aumento da vida útil da estrutura analisada, além de fornecer segurança e conforto ao ser humano (Carrillo, 2017).

A minimização do funcional criado com base na diferença entre a matriz flexibilidade numérica e a do experimento sintético do problema de identificação de danos em vigas via métodos de otimização estocásticos apresentou resultados satisfatórios, conforme pode ser visto no trabalho de Corrêa (2013) no qual o dano é continuamente descrito por um parâmetro de coesão via Método dos Elementos Finitos (MEF). Corrêa (2013) apresentou os resultados da identificação de danos em uma viga biapoiada, em uma viga engastada em uma de suas extremidades e em uma placa. No entanto, estruturas mais complexas, onde um grande número de variáveis precisam ser atualizados, podem gerar um grande custo computacional ao se utilizar tais métodos, o que dificulta a sua utilização para um monitoramento contínuo estrutural. Corrêa (2013) fez um estudo sobre diversos métodos de localização de danos, visando utilizá-los a fim de diminuir o número de parâmetros a serem atualizados pelos métodos de otimização. O objetivo era fazer o processo de identificação de danos em duas etapas, onde na primeira etapa se utilizaria um método de localização para determinar a região afetada pelo dano estrutural e, em uma segunda etapa, um método de otimização atualizaria os parâmetros apenas dessa região, diminuindo assim a dimensão do problema. Infelizmente, nenhum dos métodos utilizados apresentou bons resultados quando um número reduzido de graus de liberdade (GDL) foram medidos, e ainda, foi impossível distinguir a posição do dano na presença de sinais ruidosos. Os métodos de localização de danos analisados foram: Variação na matriz de flexibilidade; Método da curvatura

dos modos; Índice de danos baseados na flexibilidade e na curvatura dos modos; Variação na curvatura da flexibilidade; Multiplicação da diferença na curvatura dos modos (MDCM); Critério de confiança modal – MAC; Vetor de localização de dano baseado na matriz de flexibilidade.

Constatada estas deficiências dos métodos de localização estudados, optou-se no presente trabalho, pela utilização de redes neurais artificiais (RNA) para substituir tais métodos nessa primeira etapa do processo de identificação de danos. Diversos autores tem apontado o uso de Redes Neurais Artificiais (RNA) como uma alternativa para lidar com problemas de identificação de danos, devido à sua robustez, adaptabilidade e capacidade de lidar com dados incompletos. A pesquisa e os resultados sobre a utilização de RNA no processo de identificação de danos baseado em um modelo de dano contínuo serão apresentados neste trabalho. Redes neurais artificiais são modelos computacionais inspirados no sistema nervoso dos seres vivos. Possuem a capacidade de aquisição e manutenção do conhecimento (baseado em informações). São um conjunto de unidades de processamento que são interligados por um grande número de interconexões (sinapses artificiais).

2 | MODELO DE IDENTIFICAÇÃO DE DANOS VIA MATRIZ DE FLEXIBILIDADE ESTRUTURAL

As frequências naturais e as formas modais não-amortecidas da estrutura podem ser obtidas a partir do problema de autovalores-autovetores

$$(\mathbf{K} - \omega_i^2 \mathbf{M})\phi_i = \mathbf{0}, \quad (1)$$

onde \mathbf{M} e \mathbf{K} são, respectivamente, as matrizes de massa e rigidez, de dimensão $n \times n$, ω_i e ϕ_i referem-se, respectivamente, à i -ésima frequência natural e à i -ésima forma modal da estrutura.

De forma geral, tem-se

$$\mathbf{K}\Phi = \mathbf{M}\Phi\Lambda, \quad (2)$$

onde Φ é a matriz modal da estrutura, de dimensão $n \times n$, cuja i -ésima coluna corresponde à forma modal ϕ_i e Λ é uma matriz diagonal, $n \times n$, formada pelos vetores quadráticos das frequências naturais, ou seja, $\lambda_{ii} = \omega_i^2$.

Para as formas modais da estrutura, normalizadas em relação à matriz de massa, tem-se

$$\Phi^T M \Phi = I; \quad (3)$$

$$\Phi^T K \Phi = \Lambda, \quad (4)$$

onde I é a matriz identidade e T representa a transposição de uma matriz.

Partindo da Equação (4) e do fato de a matriz de flexibilidade de uma estrutura ser definida como a inversa da matriz de rigidez, tem-se

$$\mathbf{G} = (\Phi \Lambda^{-1} \Phi^T) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\omega_i^2} \phi_i \phi_i^T. \quad (5)$$

Na prática, devido a limitações experimentais, tem-se a seguinte aproximação para a matriz de flexibilidade experimental \mathbf{G}_{exp} da estrutura,

$$\mathbf{G}_{exp} = \sum_{i=1}^{n_{exp}} \frac{1}{\omega_{i,exp}^2} \phi_{i,exp} \otimes \phi_{i,exp}^T. \quad (6)$$

onde $n_{exp} < n$ é o número de modos obtidos do ensaio experimental, $\omega_{i,exp}$ e $\phi_{i,exp}$ são, respectivamente, a i -ésima frequência natural não-amortecida e forma modal obtidas experimentalmente.

Da Equação (6), observa-se que, devido à relação inversa com o quadrado da frequência natural, uma boa estimativa para a matriz de flexibilidade pode ser obtida experimentalmente a partir de modos de mais baixa frequência da estrutura, que na prática, são os modos que podem ser mais facilmente obtidos.

Da Equação (6), deve-se notar, também, que a dimensão da matriz \mathbf{G}_{exp} depende apenas do número m de GDL medidos no ensaio de vibrações, que é equivalente ao número de componentes dos modos experimentais $\phi_{i,exp}$. Sendo assim, a matriz de flexibilidade possui dimensão $m \times n$. Portanto, para se definir um problema de identificação de danos estruturais baseado na matriz de flexibilidade, torna-se necessária a determinação de uma matriz de flexibilidade analítica reduzida $\tilde{\mathbf{G}}$ – relacionada apenas aos m GDL medidos no ensaio de vibrações – que contenha informações a respeito das propriedades de rigidez da estrutura como um todo. Para tal, a matriz de rigidez original deve ser particionada na forma

$$\mathbf{K} = \begin{bmatrix} \mathbf{K}_{mm} & \mathbf{K}_{mo} \\ \mathbf{K}_{mo}^T & \mathbf{K}_{oo} \end{bmatrix}, \quad (7)$$

onde os índices m e o referem-se, respectivamente, aos GDL medidos e omitidos. Pode-se mostrar, Alvin et al. (1995), que a matriz de flexibilidade analítica $\bar{\mathbf{G}}$ é igual à inversa da matriz de rigidez reduzida, obtida pela redução estática de Guyan, Guyan (1995), ou seja,

$$\bar{\mathbf{G}} = [\mathbf{K}_{mm} - \mathbf{K}_{mo}\mathbf{K}_{oo}^{-1}\mathbf{K}_{mo}^T]. \quad (8)$$

No presente trabalho será considerada uma viga de alumínio simplesmente apoiada com $1,0m$ de comprimento, $0,005m$ de espessura, $0,05m$ de largura, módulo de elasticidade nominal $E_0 = 7,2582 \times 10^{10} Pa$ e momento de inércia de área nominal $I_0 = 5,2083 \times 10^{-10} m^4$. A viga em questão foi discretizada pelo método dos elementos finitos (MEF) em 20 elementos bidimensionais do tipo Euler-Bernoulli. Nos casos considerados neste trabalho, a mesma malha de elementos foi utilizada para aproximar o campo de deslocamentos e também o campo de coesão (dano). Foram adotados elementos com dois nós, onde cada ponto nodal possui dois GDL de deslocamento, um transversal e outro de rotação, e um parâmetro de coesão. A estrutura possui, portanto, um total de 21 nós, 40 GDL, devido às condições de contorno adotadas, e 21 parâmetros nodais de coesão. No entanto, apenas 10 GDL transversais, igualmente espaçados, são considerados medidos.

A imposição do defeito à viga é realizada através de uma redução na altura relativa da seção transversal $h(x)/h_0$, nos nós contidos no interior das regiões defeituosas. Portanto, nos nós defeituosos tem-se $h(x)/h_0 < 1$, e nos nós onde não há danos, tem-se $h(x)/h_0 = 1$.

O MEF, com os valores nodais do parâmetro de coesão prescritos de acordo com os cenários de dano considerados, é utilizado para gerar as frequências e modos de vibração da estrutura danificada, representando assim os dados experimentais sintéticos utilizados no processo de identificação de danos.

3 | DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS – REDE NEURAL ARTIFICIAL

Utilizam-se duas funções de ativação que são totalmente diferenciáveis, ou seja, são funções cujas derivadas de primeira ordem existem e são conhecidas em todos os pontos de seu domínio de definição.

A primeira delas é a função Tangente Hiperbólica, também conhecida como Função de Transferência Tan-Sigmoid ou *tansig*. O seu gráfico é mostrado na Figura

1.

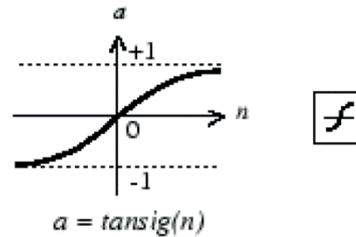


Figura 1 – Função de ativação Tangente Hiperbólica (*tansig*).

Fonte: Matlab, Toolbox.

A função de ativação Tangente Hiperbólica (*tansig*) é dada pela Equação (9).

$$g(u) = \frac{1 - e^{-\theta \cdot u}}{1 + e^{-\theta \cdot u}} \quad (9)$$

A outra função de ativação é a função Logística, também conhecida como Função de Transferência Log-Sigmoid ou *logsig*. O seu gráfico é mostrado na Figura 2.

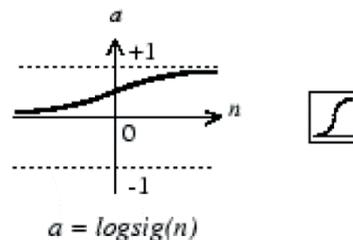


Figura 2 – Função de ativação Logística (*logsig*).

Fonte: Matlab, Toolbox.

A função de ativação Logística (*logsig*) é dada pela Equação (10).

$$g(u) = \frac{1}{1 + e^{-\theta \cdot u}} \quad (10)$$

Onde θ é uma constante real associada ao nível de inclinação da função de ativação Tangente Hiperbólica ou Logística em relação ao seu ponto de inflexão.

A arquitetura de RNA adotada, neste trabalho, é a *feedforward* de camadas múltiplas, ou mais especificamente uma rede *Perceptron* de Múltiplas Camadas

(PMC). Utiliza-se para o processo de treinamento supervisionado da rede PMC o algoritmo *backpropagation* com *momentum*. A topologia para o PMC deste trabalho é composta pelos seguintes itens:

- 100 sinais ou amostras de entrada;
- 100 neurônios na primeira camada neural escondida, cada neurônio utilizando a função de ativação *tansig*;
- 100 neurônios na segunda camada neural escondida, cada neurônio utilizando a função de ativação *tansig*;
- 100 neurônios na terceira camada neural escondida, cada neurônio utilizando a função de ativação *tansig*;
- 21 neurônios na camada neural de saída, cada neurônio utilizando a função de ativação *logsig*.

A imposição do dano é realizada escolhendo-se um nó ou posição e um valor para o parâmetro de coesão β . Neste estudo, na fase de treinamento, o valor do β varia no intervalo $[0,4;0,6]$. Porém, na fase de teste, o β assume valores fora desse intervalo para demonstrar a capacidade de generalização das RNA. Nos gráficos dos resultados computacionais, o valor do parâmetro de coesão β é sempre convertido, por conveniência, para $\frac{h(x)}{h_0}$ através da utilização da Equação (11).

$$\beta(x) = \left(\frac{h(x)}{h_0}\right)^3 \Rightarrow \frac{h(x)}{h_0} = \sqrt[3]{\beta} \quad (11)$$

Durante a realização deste trabalho, utilizou-se a fórmula $\|\mathbf{G}_{mm} - \mathbf{G}_{exp}\|$ para gerar os dados de entrada para a RNA. Mas, os resultados encontrados não foram satisfatórios. A partir de então buscou-se um modo alternativo para gerar os dados de entrada. Após algumas tentativas e erros, o meio utilizado para gerar cada padrão de entrada da Rede Neural foi através da Equação (12).

$$\frac{\|\mathbf{G}_{mm} - \mathbf{G}_{exp}\|}{\|\mathbf{G}_{mm}\|} \cdot 100 \quad (12)$$

A rede PMC foi treinada sem a presença de dados ruidosos, ou seja, foi treinada com ruídos de 0%. Mas, na fase de teste, foram incluídos dados ruidosos de 3%, como também os de 0%.

3.1 Definição dos Parâmetros de Treinamento da RNA

Os parâmetros de treinamento que produziram os melhores resultados, após a implementação do código criado para a RNA, são os mostrados nos itens abaixo:

- Possui 100 sinais de entrada;
- Três camadas neurais escondidas com 100 neurônios artificiais cada uma;
- Uma camada neural de saída com 21 neurônios;
- Funções de ativação: *tansig* nas camadas neurais escondidas e *logsig* na camada neural de saída;
- Algoritmo de treinamento *Gradient descente backpropagation* com *momentum* e taxa adaptativa (*traingdx*);
- Número de épocas ou iterações estabelecidas = 2000000;
- Número de épocas atingido pela RNA após treinamento = 676756;
- Erro final desejado ou estabelecido = 0,0000001 = $1 \cdot 10^{-7}$;
- Taxa de aprendizagem = 0,4;
- Taxa ou coeficiente de *momentum* = 0,6;
- A rede foi treinada atingindo-se o erro estabelecido.

4 | RESULTADOS COMPUTACIONAIS

A seguir, serão apresentados e discutidos os resultados obtidos a partir de simulações numéricas com as RNA para identificação de danos em uma viga simplesmente apoiada de Euler-Bernoulli, após o treinamento e teste da rede. A Tabela 1 exibe as posições escolhidas para testar a rede neural após o treinamento. Na primeira coluna da Tabela 1 há a posição ou o nó onde o dano foi imposto, na segunda coluna colocou-se o valor do parâmetro de coesão β e na terceira coluna o valor do $\frac{h(x)}{h_0} = \sqrt[3]{\beta(x)}$.

Posição para Teste	β	$h(x)/h_0$	
4	0,512	0,8	Caso 1
10	0,512	0,8	Caso 2
13	0,512	0,8	Caso 3
16	0,6	0,84	Caso 4

Tabela 1 – Posições escolhidas para testar a RNA após o treinamento.

Fonte: O autor.

A RNA treinada será avaliada em relação à sua capacidade de localizar e quantificar o dano imposto na viga em estudo mesmo quando os sinais estão corrompidos por ruído.

Com o objetivo de simular de forma mais realística os dados experimentais, a simulação da presença de ruído nas medições foi abordada, adicionando-se às formas modais de vibração uma perturbação aleatória com distribuição uniforme.

Os modos de vibração, com imposição de ruído, são então fornecidos através da seguinte formulação (Equação 13),

$$\Phi_r(ij) = \Phi(ij) \left(1 + \frac{p}{100} \mathit{rand}(-1,1) \right), \quad (13)$$

Onde Φ_r corresponde aos modos de vibração contaminados por ruído e Φ aos modos de vibração originais; p é o nível de ruído acrescentado; e $\mathit{rand}(-1,1)$ é uma função geradora de números aleatórios no intervalo (-1,1,).

4.1 Caso 1 – Com Ruído de 0% e 3%

Os resultados obtidos considerando medições sem interferência de ruído nos sinais, representam uma situação ideal. Utilizamos esses resultados para mostrar a capacidade do método proposto em identificar danos caso fosse realizado algum tratamento nos sinais obtidos de forma a eliminar tais perturbações. Como pode ser visto na Figura 3, para um dano considerado na posição 4 da discretização da viga, o método proposto conseguiu localizar e quantificar o dano com bastante exatidão, quando não foram considerados ruídos na medição (Figura 3(a)). Com a adição de ruído igual a 3% nos modos de vibração, o modelo de identificação de danos apresentado não conseguiu localizar o dano, mas, conseguiu indicar a região do dano (Figura 3(b)).

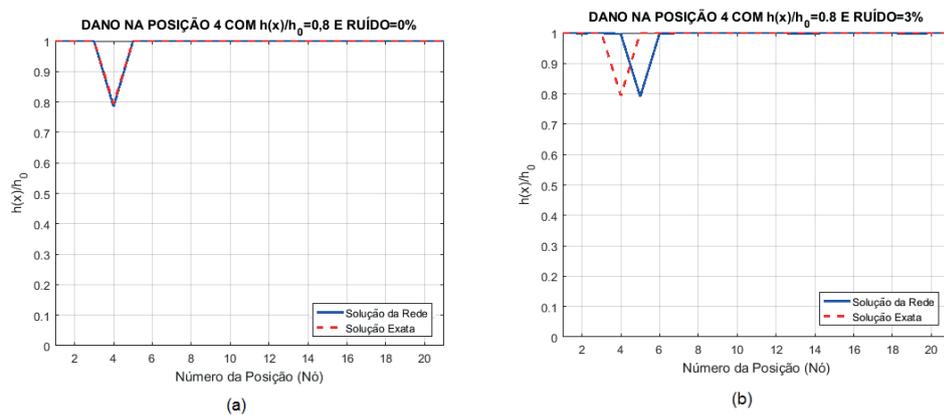


Figura 3 – Dano na posição 4 na discretização da viga.

4.2 Caso 2 – Com Ruído de 0% e 3%

Novamente, pode-se verificar pela Figura 4 que o modelo de identificação de danos proposto usando RNA conseguiu localizar e quantificar satisfatoriamente o dano, quando não foram considerados ruído de medição (Figura 4(a)).

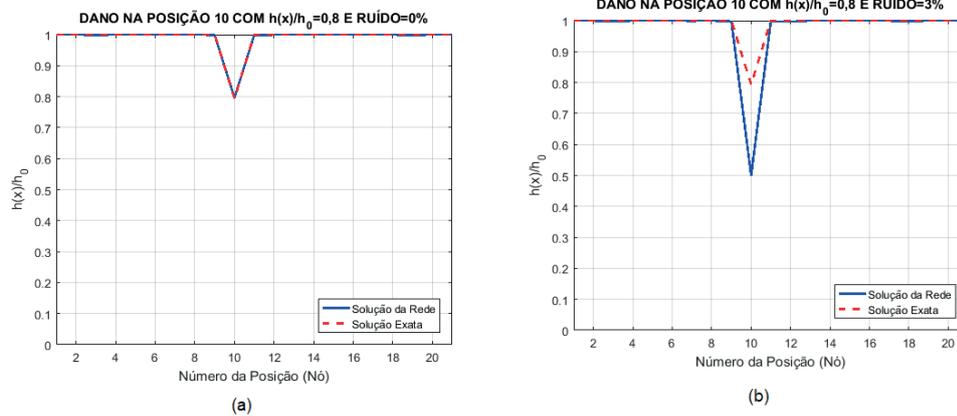


Figura 4 – Dano na posição 10 na discretização da viga.

Considerando a posição 10 da discretização da viga e os dados contaminados com ruído de 3%, o método utilizado conseguiu localizar a posição do dano com exatidão, mas não quantificou o dano corretamente (Figura 4(b)).

4.3 Caso 3 – Com Ruído de 0% e 3%

Considera-se, agora, um dano próximo da região central da viga, sem a adição de ruído aos modos de vibração. Pode-se verificar que o método utilizado neste trabalho conseguiu localizar e quantificar o dano com bastante exatidão (Figura 5(a)).

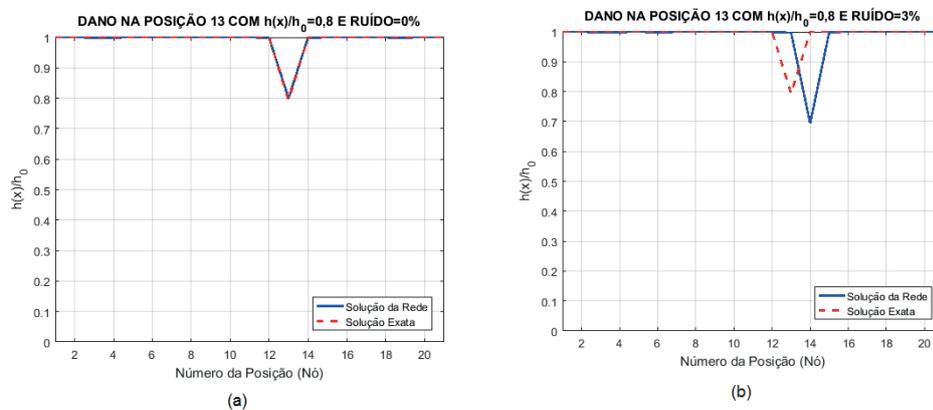


Figura 5 – Dano na posição 13 na discretização da viga.

Considerando-se os dados contaminados com ruído de 3%, percebe-se que a região onde a estrutura encontra-se danificada foi localizada, mas uma posição adjacente ao nó onde foi imposto o dano (Figura 5(b)). Mostra-se que o método conseguiu localizar e quantificar o dano satisfatoriamente mesmo considerando-se dados ruidosos.

4.4 Caso 4 – Com Ruído de 0% e 3%

Para o caso considerado onde um dano é imposto na posição 16 da discretização

da viga de Euler-Bernoulli, o modelo de identificação de danos apresentado conseguiu localizar e quantificar o dano com bastante exatidão (Figura 6(a)). Vale ressaltar que não foram considerados dados contaminados por ruído.

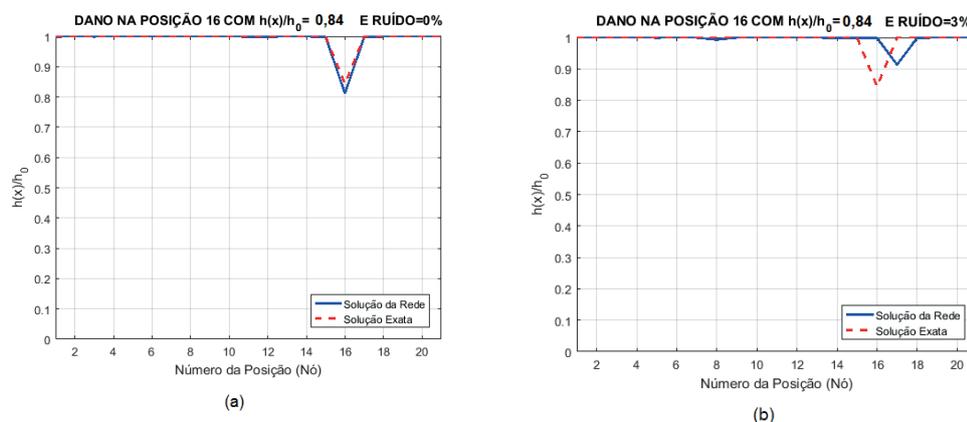


Figura 6 – Dano na posição 16 na discretização da viga.

Considerando-se os dados contaminados com ruído de 3%, percebe-se que a região onde a estrutura encontra-se danificada foi localizada, mas em uma posição adjacente ao nó onde foi imposto o dano (Figura 6(b)).

5 | CONCLUSÕES

A presença de dano foi descrita através de um parâmetro estrutural denominado parâmetro de coesão, utilizando-se para isso a modelagem do campo de danos através do método de elementos finitos. A utilização do parâmetro de coesão para simulação e identificação de danos difere da maioria das abordagens de identificação de danos encontradas na literatura, possibilitando a simulação de danos em estágio inicial de forma mais suave e realista. Por meio desta formulação é possível representar diferentes perfis de dano, assim como simular uma malha de danos diferente da malha de deslocamentos utilizadas.

Foram analisados os resultados obtidos de diversas simulações de dano na ausência de ruído e na presença de sinal ruidoso. Na presença de ruído de , considerado um nível de ruído bem elevado, segundo a literatura, os resultados foram bastante satisfatórios, pois em todos os casos considerados a região do dano foi encontrada e uma estimativa para a intensidade do dano foi fornecida. Sendo assim, o método proposto é promissor na substituição dos métodos de localização apresentados por Corrêa (2013), na tentativa de diminuir o número de parâmetros a serem atualizados pelos métodos de otimização quando estruturas mais complexas forem estudadas. Cabe salientar que, diferentemente dos métodos de localização citados, o presente método apresentou resultados satisfatórios na presença de dados ruidosos e com um número reduzido de informação modal. Além disso, o

método tem potencial para, sozinho, localizar e quantificar danos em estruturas mais complexas. Por serem as Redes Neurais Artificiais, após a fase de treinamento da mesma, uma ferramenta que fornece os resultados dos testes solicitados de forma rápida, acredita-se, diante dos casos de danos analisados, que a mesma é uma boa opção para diminuir o tempo gasto com a geração de resultados usando métodos de otimização estocásticos, facilitando assim o monitoramento contínuo da estrutura.

REFERÊNCIAS

Alvin, K.F.; Peterson, L.D.; Park, K.D. **Method for determining minimum-order mass and stiffness matrices from modal test data**, AIAA Journal, Vol. 1, n. 33, pp. 128-135, 1995.

Corrêa, R.A.P. **Identificação de danos em estruturas bi-dimensionais via matriz de flexibilidade baseada em um modelo de danos contínuos**, Tese de Doutorado, IPRJ/UERJ, Nova Friburgo, 2013.

Cunha, L.N.M. **Identificação de danos em placas utilizando a matriz de flexibilidade**, Tese de Doutorado, UFRJ, Rio de Janeiro, 2014.

Carrillo, O.J.B.; Laier, J.E. **Algoritmo híbrido para avaliação da integridade estrutural: uma abordagem heurística**, Tese de Doutorado, UFSCar, São Carlos, 2007.

Guyan, R.J. **Reduction of stiffness and mass matrices**, American Institute of Aeronautics and Astronautics Journal, Vol. 3, n. 2, pp. 380, 1965.

Stutz, L.T.; Castello, D.A.; Rochinha, F.A. **A flexibility based continuum damage identification approach**, in Journal of Sound and Vibration, Vol. 279, pp. 641-667, 2005.

APLICAÇÃO DA TEORIA DE REDES PARA ANÁLISE LOGÍSTICA DOS *HUBPORTS* DA CABOTAGEM BRASILEIRA

Carlos César Ribeiro Santos

Doutor, Centro Universitário SENAI CIMATEC -
carlosrs77@hotmail.com;

Hernane Borges de Barros Pereira

Doutor, Centro Universitário SENAI CIMATEC
- Universidade do Estado da Bahia (UNEB)
-hernanebbpereira@gmail.com;

Anderson da Silva Palmeira

Mestre, Centro Universitário SENAI CIMATEC -
anderson.palmeira@codeba.com.br;

Marcelo do Vale Cunha

Mestre, Instituto Federal da Bahia - IFBA -
celaocunha@gmail.com.

RESUMO: A importância da navegação marítima por cabotagem no Brasil cresce à medida que o país busca retomar seu crescimento econômico nesses últimos anos. Desta forma, a necessidade de estudos e pesquisas no tema em questão, tornam-se relevantes para que governantes possam embasar tecnicamente tomadas de decisão para o desenvolvimento e ampliação do uso deste tipo de navegação. Neste sentido, este artigo apresenta uma aplicação da teoria de redes sob o ponto de vista da logística brasileira, especificamente o modal aquaviário e sua tipologia cabotagem. Tal análise foi permitida, a partir da disponibilidade dos dados estatísticos sobre a movimentação de cargas no Brasil advindos do Sistema Aquaviário da

Agência Nacional de Transportes Aquaviários. Uma matriz para construção da rede foi estabelecida, o que permitiu, posteriormente, a identificação das diversas métricas de redes como o grau desta, coeficiente de aglomeração e intermediação. Os portos de Santos (SP) e Suape (PE) apresentam-se com os maiores graus de entrada e saída da rede, estabelecendo-se assim como os *hubports* da navegação por cabotagem brasileira entre os anos de 2010 a 2015. Os resultados apresentados apontam um excesso na movimentação de cargas nos *hubports*, bem como uma oportunidade do ponto de vista logístico, de crescimento e investimentos em portos como Salvador(BA) e Vitória (ES) para fortalecimento da navegação marítima nacional.

PALAVRAS-CHAVE: Teoria de Redes. Redes Marítimas. Cabotagem. *Hubports*.

APPLICATION OF THE NETWORK THEORY FOR LOGISTICAL ANALYSIS OF THE HUBPORTS FROM BRAZILIAN CABOTAGE

ABSTRACT: The importance of maritime navigation by cabotage in Brazil grows as the country seeks to resume its economic growth in recent years. In this way, the need for studies and research on the subject in question, become relevant so that rulers can technically

base decision making for the development and expansion of the use of this type of navigation. In this sense, this article presents an application of the network theory from the point of view of Brazilian logistics, specifically the waterway modal and its cabotage typology. This analysis was allowed, based on the availability of statistical data on the movement of cargoes in Brazil from the Waterway System of the National Waterway Transportation Agency. A matrix for the construction of the network was established, which later allowed the identification of the various network metrics such as its degree, agglomeration coefficient and intermediation. The ports of Santos (SP) and Suape (PE) present the highest degrees of entry and exit of the network, thus establishing the *hubports* of navigation by Brazilian cabotage between the years 2010 to 2015. The results presented point an excess of cargo handling in *hubports*, as well as an opportunity from a logistics, growth and investment point of ports such as Salvador (BA) and Vitória (ES) to strengthen national shipping.

KEYWORDS: Network Theory. Maritime Networks. Cabotage. *Hubports*.

1 | INTRODUÇÃO

O crescimento da globalização, ocorrido no início dos anos 90, trouxe uma união de diversos meios produtivos no cenário mundial, evidenciando-se o aumento significativo do mercado global dando início a reorganização operacional do comércio entre nações. Neste sentido, a consolidação de vias portuárias e globais apresentaram-se como estratégicas para a expansão econômica de países.

No Brasil, a situação econômica que se configurava não foi bem aproveitada à época, em virtude da decadência competitiva dos portos brasileiros e dos seus grandiosos custos produtivos. O intitulado “Custo Brasil”, sinônimo à época de excesso de burocracia, impostos, legislações e custos trabalhistas, impediram o país de desenvolver o seu modal aquaviário, tardando-o relativamente a outras nações e revertendo-se numa exigência imediata de renovação de toda a sua via portuária.

No ano de 1993 foi promulgada no Congresso Nacional a Lei nº 8.630/93 denominada como “Lei dos Portos” que apresentou uma proposta de reforma do Sistema Portuário do Brasil, permitindo um novo modelo de financiamento e desenvolvimento dos portos. Entretanto, Santana (2011) aponta que, mesmo com o novo marco regulatório de 1993, o Brasil não conseguiu fazer frente à sistemas portuários de países europeus, asiáticos e da América Latina, que já se encontravam em desenvolvimento. Nacionalmente, os portos ainda eram classificados como onerosos, com a capacidade de investimentos mitigados em sua infraestrutura e com uma notável fragilidade em sua competitividade frente ao mercado internacional.

Os portos entram novamente na pauta do Congresso Nacional, em 2012, com a edição da Medida Provisória (MP) nº 595, que dispõe sobre as novas regras de exploração dos portos e de contratação de trabalhadores para esse setor. Foi revogada, a Lei nº 8.630/93 (“Lei dos Portos”). A orientação desta MP seria garantir

mais dinamismo para o modal com o motivando à competitividade no transporte de cargas.

A MP, nº 595, foi aprovada e convertida na Lei nº 12.815, de 5 de junho de 2013, denominada a “Nova Lei dos Portos”, seis meses depois, essa lei foi regulamentada pelo Decreto nº 8.033, de 27 de junho de 2013. Esta lei foi criada com objetivos de expandir as oportunidades de crescimento e fortalecimento dos portos do Brasil, buscando um reposicionamento entre as vias portuárias mais competitivos do mundo.

Os cuidados do Estado para o fortalecimento da via portuária brasileira (e.g. De acordo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), no período de 2002 a 2011, as aplicações no sistema aquaviário estiveram em torno de R\$ 1 bilhão e de investimentos privados de R\$ 1,14 bilhão) impactaram no fluxo aquaviário nacional. A seguir, a figura 1, demonstra um discreto aumento na movimentação para o transporte de carga:

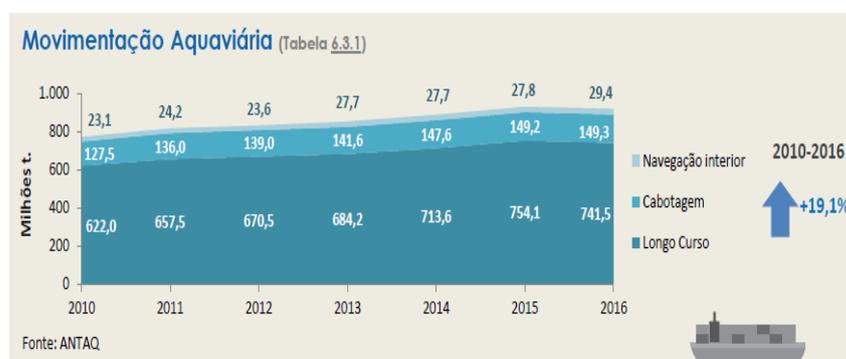


Figura 1: Movimentação Aquaviária do Brasil 2010 a 2016

Fonte: ANTAQ (2016)

Mesmo com a admissão do Estado brasileiro no subdesenvolvimento da via portuária nacional e ações de melhoria ao longo do tempo, a literatura retrata uma maior concentração da matriz de transportes na modalidade rodovias, o que resulta em consequências negativas no demais modais por esta escolha, a exemplo de um estudo da COPPEAD-UFRJ (2012) apontando que o modal rodoviário responde por cerca de 60% de tudo que é transportado no Brasil. Comparativamente, países como EUA e Rússia, que possuem dimensões territoriais semelhantes ao Brasil, apresentam percentuais equivalentes à 35% e 19%. Uma pesquisa sobre o transporte de cargas no Brasil em 2017 da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) apresentou alguns exemplos sobre o modal rodoviário, dentre os quais pode-se questionar o transporte cargas, por caminhão, de São Paulo a Fortaleza em trajetos de mais de 3.000 km, quando se poderia, por exemplo, utilizar a cabotagem, considerada tecnicamente mais econômica, menos poluidora e mais segura.

As informações supracitadas correlacionam a realidade da matriz de transporte do Brasil com a de países europeus e asiáticos evidenciando a fragilidade de

competitividade nacional. Assim, o modal aquaviário mostra-se como uma opção interessante graças a geografia nacional. Segundo, o Ministério dos Transportes, Portos e Aviação (2017) o Brasil é um país que possui 8.500km de vias navegáveis, 80% da população vive em regiões costeiras, possui vários portos públicos e privados e 75% do seu comércio internacional é realizado pelo mar. Tais características demandam ao país um transporte aquaviário mais estruturado, com capacidade para atender as variadas demandas dos estados brasileiros e sua diversa produção de produtos (ANTAQ, 2016).

Santos (2018) retrata a carência de estudos mais aprofundados sobre o transporte aquaviário no Brasil, o que estabelece um vasto campo de investigação científica a ser explorado por profissionais especialistas na área da logística, bem como pelo governo federal, estadual e, até municipal. Ademais, é evidente a evolução de estudos e subsídios científicos incorporados ao sistema marítimo internacional, expandindo-se, assim, uma oportunidade de estudos internos. Neste sentido, existem pesquisas modernas sobre técnicas e aplicações da Teoria de Redes na investigação do desempenho do transporte de carga pelo sistema aquaviário. Previsões mais precisas e a melhor escolha de rotas marítimas com a ajuda da Teoria de Redes, é uma realidade em países da Europa e Ásia.

Desta forma, visando contribuir ao contexto nacional e adequando-se à realidade de pesquisas na área, este artigo científico apresenta como objetivo identificar os *hubports* (portos principais) da cabotagem (navegação marítima realizada na costa de um país) brasileira e, em seguida, inferir análises logísticas capazes de estabelecer um cenário propício à tomadas de decisões mais assertivas e adequadas às demandas do modal aquaviário no Brasil.

2 | TEORIA DE REDES

As redes sociais passaram a ocupar um lugar de destaque quando, em 1934 (o segundo marco), Jacob L. Moreno publica o livro “*Who Shall Survive?*” (MORENO, 1934). O conceito de sociograma é introduzido, tornando-se uma inovação para a época e marcando o início da sociometria, precursora da análise de redes sociais e da psicologia social (WASSERMAN; FAUST, 1994). Uma rede social é um conjunto de pessoas ou grupos de pessoas com algum padrão de contato, interação ou relacionamento entre elas. Vários tipos de relacionamento podem ser estudados, como amizade entre indivíduos, relações de negócios entre companhias, casamentos entre famílias, colaboração científica, redes de diretores de companhias, entre outros.

A representação de uma rede social se dá através de um grafo, representada pela equação $G = \{V, E\}$, na qual elementos de V são chamados de vértices e os elementos de E são chamados de arestas (GROSS; YELLEN, 1999).

Ao analisar sistemas com comportamento não trivial, a teoria de redes apresenta as denominadas redes complexas, que podem ser situadas na interseção

entre a teoria dos grafos e a mecânica estatística, envolvendo diversas áreas do conhecimento e, portanto, seu estudo tem característica multidisciplinar (COSTA et al., 2007). Embora seus fundamentos remontem à teoria dos grafos, as redes complexas possuem propriedades que as diferenciam dos grafos não complexos, a exemplo da distribuição dos graus, coeficiente de aglomeração, estrutura de comunidade em qualquer escala, evidência de estrutura hierárquica, etc. Assim, a emergência de algumas propriedades de redes complexas não existentes em redes não complexas e em redes regulares favorece a diferenciação supracitada.

Importante destacar as topologias emergentes das denominadas redes complexas, a saber:

(1) Regular, se todos os vértices possuírem o mesmo número de conexões;

(2) Aleatória, caso sua distribuição de graus siga uma distribuição normal. As redes aleatórias são geradas a partir de ligações aleatórias entre os vértices de um conjunto. O marco para este estudo foi o trabalho de Erdős e Rényi (1960);

(3) Rede de mundo pequeno (*Small-World*), caso as conexões entre os vértices favoreçam distâncias curtas entre quaisquer dois vértices da rede, tornando a rede eficiente, do ponto de vista da transmissão de informação. O marco para este estudo foi o trabalho de Milgram (1967), posteriormente formalizado por Watts e Strogatz (1998);

(4) Rede livre de escala, caso sua distribuição de graus siga uma lei de potência, ou seja, $P(k) \sim k^{-\gamma}$, o que favorece a existência de hubs (vértices que concentram muitas conexões). Barabási e Albert (1999) propuseram um modelo de rede livre de escala baseado no crescimento contínuo da rede e na adesão preferencial de seus vértices.

Considerando o sistema marítimo como um modelo complexo, não trivial, com infinitas possibilidades de interação, Ducruet (2012) aponta a importância de se compreender a estrutura das redes de transportes marítimos que evoluem ao longo do tempo, apontando a carência de estudos efetivos nessa área do conhecimento, denominando-as como Redes Marítimas.

Países como China e Inglaterra crescem substancialmente em vantagens competitivas, pelo desenvolvimento de suas estruturas marítimas internas e externas, mediadas por importantes análises de Redes Marítimas. Ducruet (2012) aponta, ainda, que as Redes Marítimas estão entre as mais antigas formas de interação espacial. As chamadas hierarquias dos portos e o já estabelecido padrão espacial de rotas marítimas podem ser considerados como exemplos de regionalização e globalização dos padrões de comércio e ciclos de negócios, entre organizações, cidades, regiões ou países.

É nesse cenário competitivo entre países pela melhor e mais eficiente sistema marítimo que se apresenta o objeto desse estudo, especificamente identificando, utilizando a teoria de redes, os principais portos, estabelecidos como hubs, da cabotagem brasileira entre os anos de 2010 a 2017.

Quando cabível, a discussão dos resultados deve buscar explicações e fazer comparações com a bibliografia da área de forma a dar ao trabalho uma abrangência nacional ou global, não sendo apenas confirmatório.

Uma estrutura que pode ser tomada como base é fazer o desenvolvimento do trabalho com a Revisão Bibliográfica ocupando de 10 a 20% da extensão do artigo; os Materiais e métodos de 10% a 20% e a Discussão dos Resultados ocupando de 40% a 60%.

2.1 Método

As Redes Marítimas foram construídas a partir de vértices que são os portos e a arestas que são estabelecidas pela movimentação de cargas entre estes portos. O banco de dados utilizado foi o Sistema Estatístico Aquaviário da Agência de Transportes Aquaviários do Brasil (ANTAQ) que dispõe de uma base de dados gratuita e constantemente atualizada sobre toda a navegação marítima nacional. Desta forma, coletou-se os seguintes dados:

- Todos os tipos de cargas movimentadas via cabotagem entre os anos de 2010 a 2015;
- Todos os tipos de cargas movimentadas via cabotagem mensalmente entre os anos de 2010 a 2015;
- A cidade e o estado de origem da carga;
- A cidade e o estado de destino da carga;
- O tipo de instalação marítima de origem da carga (porto ou terminal de uso privativo);
- O tipo de instalação marítima de destino da carga (porto ou terminal de uso privativo);
- O valor total da carga transportada via cabotagem entre os anos de 2010 a 2015;

Importante destacar que, em consulta à ouvidoria da ANTAQ, confirmou-se que a base de dados se refere exclusivamente a navios que realizaram viagens pela costa brasileira, configurando-se assim a navegação exclusiva por cabotagem. Estão excluídas dessa base de dados navios que fizeram viagens a longo curso ou por via interiores.

Com a base de dados da ANTAQ, elaborou-se seis matrizes de adjacências sobre a movimentação de cargas via cabotagem no Brasil entre os anos de 2010 a 2015, considerando todos os meses de cada ano e todos os tipos de carga (geral, graneis e contêineres). Denominamos então as matrizes origem e destino da movimentação de cargas via cabotagem, a qual os dados foram parametrizados com os comandos operacionais do programa *Gephi* e, em seguida, seis novas matrizes da movimentação marítima de cargas via cabotagem no Brasil foram construídas. De posse dos dados, foi possível condensar todas as informações entre os anos de

2010 a 2015 em uma única matriz conforme resumo desta na tabela 01 abaixo:

Source (Origem)	Target (Destino)	Type (Tipo)	Weight (Peso)	Data	DataInicio	DataFim
Fortaleza - CE - BRASIL	Maceió - AL - BRASIL	Directed	1.324.965	jan/10	1	1
Fortaleza - CE - BRASIL	Rio Grande - RS - BRASIL	Directed	703,84	jan/10	1	1
Imbituba - SC - BRASIL	Salvador - BA - BRASIL	Directed	604.992	jan/10	1	1
Imbituba - SC - BRASIL	Suape - PE - BRASIL	Directed	3282,3	jan/10	1	1
Itaguaí - RJ - BRASIL	Rio Grande - RS - BRASIL	Directed	205,1	jan/10	1	1
Itaguaí - RJ - BRASIL	Salvador - BA - BRASIL	Directed	20,86	jan/10	1	1

Tabela 01: Matriz Ori_Dest_2010 a 2015_ Brasil_Gephi 0.9.2

Fonte: Autores (2017)

A partir da matriz, construiu-se a rede marítima geral, identificando-se um total 118 vértices (portos) e 16273 arestas (viagens de um porto a outro) referentes à movimentação de cargas via cabotagem no Brasil, entre os anos de 2010 a 2015. A Figura 02 mostra a representação gráfica dessa rede:



Figura 2: Rede Marítima da Cabotagem Brasileira, 2010-2015 (Adaptado de Santos, Cunha e Pereira (2018))

Fonte: Santos, Cunha e Pereira (2018)

A análise desta rede (Figura 01) permite observar a existência de dois *hubs* (vértices que se destacam por uma grande quantidade de arestas em relação aos demais vértices). Os *hubs* são os portos de Santos no estado de São Paulo e o de Suape no estado de Pernambuco. Esses portos se destacam pelo número de movimentações de carga ao longo dos anos. É importante destacar também a movimentação de carga dos Portos de Vitória (ES), Rio de Janeiro (RJ) e Salvador (BA). Esses portos poderão, futuramente, desempenhar um papel tão importante quanto Santos e Suape, caso recebam investimentos em sua infraestrutura logística como o aumento do calado marítimo, ampliação do terminal de carga e descarga de mercadorias e ainda a construção de plataformas logísticas que facilitem a

multimodalidade, que é a articulação entre vários modos de transporte, de forma a tornar mais rápidas e eficazes as operações de transbordo.

A seção seguinte apresentará uma análise dos *hubports* da cabotagem brasileira (Santos e Suape) e sua relação com os demais portos brasileiros. Esta análise é resultante de uma necessidade por pesquisas que mostrem ferramentas aptas a proporcionar diagnósticos mais precisos sobre o desempenho do transporte de cargas no Brasil, pelo sistema aquaviário e, portanto, consigam amparar líderes públicos e privados em medidas de gestão expandindo-se possibilidades e requalificando este modal.

2.2 Análise de Dados

Nesta seção, serão apresentados os índices de redes e será realizada uma análise apurada da relação dos portos de Santos e Suape em relação aos demais portos da cabotagem brasileira, entre os anos de 2010 a 2015, com base nos índices de redes encontrados.

A Tabela 2, a seguir, aponta os principais índices de redes para os portos brasileiros que mais se destacaram nesta análise da rede marítima geral:

Índices da Rede Marítima Geral					
n	m	$\langle k \rangle$	D	$\langle l \rangle$	(%) Maior Componente
118	16273	137.91	5	2.46	100%
Porto	Centralidades				
	k^{in} (Grau de entrada)	k^{out} (Grau de saída)	B' (Intermediação)		
Santos (SP)	1402	1660	0,060		
Suape (PE)	1459	1478	0,103		
Rio Grande (RS)	1087	966	0,041		
Salvador (BA)	873	1080	0,015		
Vitória (ES)	738	1031	0,091		
Rio de Janeiro (RJ)	664	1090	0,070		
Rio Grande (RS)	1087	966	0,029		
Fortaleza (CE)	768	787	0,045		
Paranaguá (PR)	822	736	0,012		
Itaguaí (RJ)	644	645	0,012		

Tabela 02: Índices para a Rede Marítima Geral e centralidade dos vértices que mais se destacaram.

Fonte: Adaptado de Santos, Cunha e Pereira (2018)

A Figura 3 abaixo mostra os índices de redes dos portos que fazem parte desta análise. Para o porto de Santos-SP (P40), foi observado um total de 1,402 viagens chegando e 1,660 viagens partindo deste porto, enquanto que para o porto de Suape-PE (P53), houveram 1,459 viagens chegando ao porto e 1,478 viagens saindo.

Além disso, Vitória-ES (P35) é o quinto porto que mais teve viagens ($k_{P35} =$

1769), entretanto é o segundo colocado em relação à intermediação ($B'P35 = 0.091$), ou seja, está mais presente nos caminhos entre outros dois portos, do que Santos ($B'P40 = 0.060$), que possui o maior número de viagens ($kP40 = 3062$).

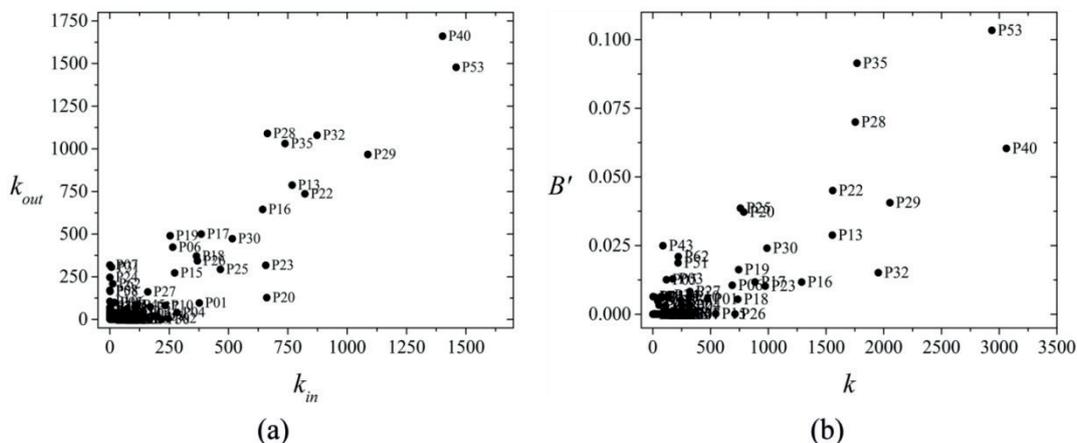


Figura 3: Vértices Centrais na Rede Marítima Geral da Cabotagem Brasileira

Fonte: Adaptado de Santos, Cunha e Pereira (2018)

Construímos também uma representação gráfica sobre a distribuições dos graus de entrada e saída dos portos considerados hubs dessa rede (Porto de Santos ($P40$) e Suape-PE Rio ($P53$)), objetivando um melhor entendimento do sistema de transporte por cabotagem no Brasil. As figuras 4 e 5 representam a distribuição da movimentação de cargas pela cabotagem dos portos de Santos e Suape entre os anos de 2010 a 2015 e suas respectivas análises.

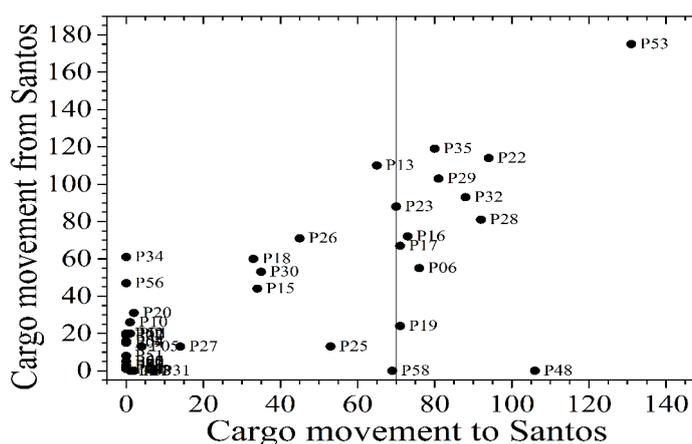


Figura 4: Grau de Entrada e de Saída da Movimentação de Cargas do Porto de Santos-SP

Fonte: Adaptado de Santos, Cunha e Pereira (2018)

A Figura 4 é a representação da movimentação de cargas que são enviadas e que partem do Porto de Santos. O eixo “x” do gráfico representa a quantidade de viagens da movimentação de carga por cabotagem que o porto de Santos recebeu ao longo de 06 anos. Já o eixo “y”, na vertical, representa a quantidade de

viagens de movimentação de carga por cabotagem que saíram do porto de Santos, também por 06 anos. Destacamos, mais uma vez, que estas viagens representam a movimentação de todos os tipos de carga: geral, container e graneis líquidos ou sólidos.

A partir dos eixos “x” e “y”, dividimos o gráfico do porto de Santos em quatro quadrantes no sentido anti-horário a partir do ponto (0,0), objetivando a análise econômica, comercial e logística da relação e importância desse Hub com os demais portos do Brasil. Os pontos com a letra “P” e uma numeração ao lado no gráfico, representam os portos de maneira individual e sua relação com o porto de Santos.

No primeiro quadrante da Figura 4, podemos perceber a existência de uma fraca relação comercial entre o porto de Santos e portos como o Terminal de Tubarão-ES (P34), Alumar-MA (P56), Itaqui-MA (P18), São Francisco do Sul-SC (P30), Imbituba-SC (P15). Esses portos do primeiro quadrante pouco enviam e recebem carga de Santos. Destacamos ainda o porto de Areia Branca-RN (P58) que somente encaminha carga para o Porto de Santos. Logisticamente falando, deve-se entender que essa situação apresentada, no primeiro quadrante, pode corresponder à potenciais áreas a serem analisadas e exploradas pelo governo brasileiro para o desenvolvimento da cabotagem, visto que essa movimentação marítima tem se tornado, cada vez mais, uma solução logística de baixo custo para o transporte de carga no Brasil.

O segundo quadrante da Figura 4, traz uma situação interessante, especificamente para o porto P48. Este é um dos portos registrados pelo sistema da ANTAQ como não identificado. O órgão afirma que em sua base de dados existem operações de movimentações de cargas em que a origem muitas vezes não foi identificada pela ausência do cumprimento do operador logístico em dar tal informação. Isto esclarecido, o porto P48 somente envia carga para o porto de Santos, não havendo uma interação comercial entre eles completa. Os demais portos do segundo quadrante como, por exemplo, Rio de Janeiro-RJ (P28) e Aratu-BA (P06) possuem uma relação comercial média com Santos à medida que enviam e recebem cargas de quantidade também relativamente média.

O terceiro quadrante é caracterizado pelas fortes relações comerciais entre Santos-SP e portos ali apresentados. Destaque para o porto de Suape-PE (P53) que aparece com a maior movimentação de carga de entrada e saída do porto de Santos. Tal fato, explica a importância, mais uma vez, desses portos para o transporte de mercadorias no Brasil.

O quarto e último quadrante traz apenas o porto de Fortaleza-CE (P13) no Nordeste do Brasil. Santos-SP encaminha mais carga para o porto de Fortaleza do que necessariamente recebe. Apresenta-se, desta forma, uma oportunidade logística de possíveis negociações para avançar nas relações comerciais de movimentação de cargas entre esses dois portos.

A figura 5 apresenta a relação das partidas e chegadas quanto à movimentação de carga, tomando como base o segundo Hub da Rede Marítima Geral que é o porto

de Suape-PE.

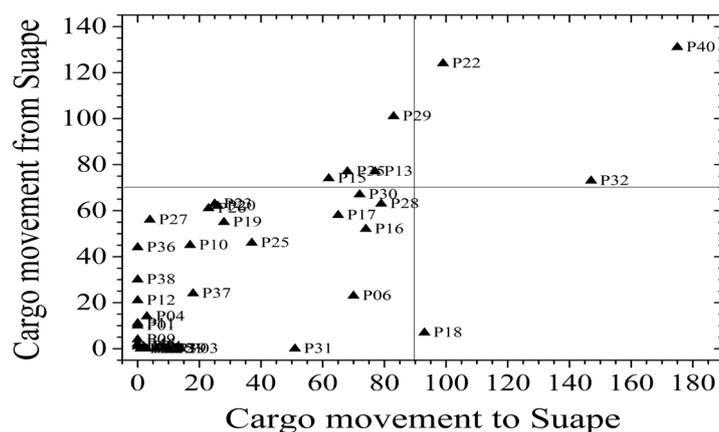


Figura 5: Grau de Entrada e de Saída da Movimentação de Cargas do Porto de Suape -PE

Fonte: Adaptado de Santos, Cunha e Pereira (2018)

O primeiro quadrante da Figura 5 apresenta uma concentração de portos com fraca relação comercial com o porto de Suape-PE, visto que recebem e enviam para ele poucas cargas em toneladas. Portos como o de Maceió-AL (P19) no Estado de Alagoas e Ilha Redonda-RJ (P36) no Rio de Janeiro, possuem pouca movimentação de carga via cabotagem. Amplia-se novamente a necessidade e oportunidade de investimentos logísticos nessas localidades.

O segundo quadrante aponta a interessante situação referente ao porto de Itaqui-MA (P18), no estado do Maranhão, que envia quantidade razoável de carga para Suape, porém recebe quase zero deste porto. Sabendo-se da importância de Suape-PE como Hub dessa rede, bem como do potencial logístico do Porto de Itaqui que possui conexão com duas ferrovias, a Transnordestina, que passa por 7 estados do Nordeste, e a Estrada de Ferro Carajás (EFC), trecho concedido à Vale e operado pela VLI, chama a atenção a pouca exploração comercial por cabotagem apontada por esta análise dos graus de entrada e saída. Nesse caso, apresenta-se objetivamente como um porto a analisado pelas autoridades brasileiras.

O terceiro quadrante traz a forte relação comercial entre os Hubs da rede. Aqui, Santos aparece com a maior movimentação de carga de entrada e saída do porto de Suape-PE, explicando novamente a grande relação e, porque não, dependência comercial entre esses dois portos na movimentação de cargas via cabotagem no Brasil.

No quarto e último quadrante, apresentam-se os portos de Rio Grande-RS (P29), Vitória- ES (P35), Fortaleza-CE (P13) e Imbituba-SC (P15). Esses portos encaminham e recebem mercadoria via cabotagem de Suape-PE de maneira quase que uniforme, o que denota a informação de que são portos com boa relação comercial com Suape.

Ambas as figuras 4 e 5 apontam um comportamento semelhante na

movimentação de cargas via cabotagem no Brasil à medida que se aproximam do terceiro quadrante, local em que os hubs se apresentam. Tal fato aponta a urgente necessidade de maiores investimentos no modal aquaviário brasileiro. O Brasil possui muitos portos, tais quais possuem uma baixa movimentação de carga, tanto de entrada, quanto de saída devido à ausência de uma infraestrutura e tecnologia adequada, levando aos operadores logísticos concentrarem suas cargas nos Hubs do país.

3 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo da pesquisa buscou-se apresentar uma lacuna na literatura científica do Brasil no que tange a aplicação a teoria de redes à modais logísticos, especificamente o modal aquaviário em uma de suas modalidades que é a cabotagem. Desta forma, foram construídas as redes marítimas da cabotagem brasileira, a partir dos dados obtidos do sistema estatístico aquaviário da ANTAQ.

As redes aqui apresentadas, identificaram os portos de Santos e Suape como os *hubports* do Brasil no tempo determinado entre os anos de 2010 a 2015. Para um operador logístico, as informações provenientes das redes marítimas são fundamentais na tomada de decisão a saber: (1) adequação das informações transmitidas pelas redes marítimas com vistas à eficiência estratégica na movimentação de cargas por cabotagem na costa brasileira; (2) construção de roteirizações mais competitivas para os principais portos brasileiros; (3) adequação e aplicação da metodologia aqui posteriormente construída para outros tipos de movimentação marítima, bem como demais modais logísticos; (4) inserção do país/estado nos estudos e impactos de redes marítimas em consonância com os demais países competitivos; (5) possibilidades da realização de planos estratégicos para desconcentração progressiva da malha rodoviária, a partir da utilização dos resultados aqui apresentados e (6) possibilidade da ampliação da construção de um senso comum entre os atores envolvidos na rede marítima brasileira em torno da importância da competitividade do modal aquaviário.

A modelagem computacional através das denominadas redes marítimas se apresenta como ferramenta estratégica capaz de fazer frente às demandas de uma indústria cada vez mais competitiva. É fundamental para o Brasil a realização de pesquisas científicas que possibilitem abrir novos caminhos para a eficiência, eficácia e competitividade de suas operações logísticas.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Transportes Aquaviários – ANTAQ [BRAZILIAN NATIONAL AGENCY OF WATERWAY TRANSPORTATION](2014). **Technical Reports 2010 to 2016**. Reports of Port Performance. Brasília. Available at <<http://www.antaq.gov.br>>. Accessed on: 10/05/2018.

Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT. **Dutoviário**. Disponível em: <<http://www.antt.gov>>.

br/index.php/content/view/4964.html>. Acesso em 22/06/2018.

Barabási, A. L.; Albert, R. **Emergence of scaling in random networks**. Science, v. 286, 1999, p. 509-512.

COPPEAD UFRJ - Centro de Estudos em Logística [Logistic Study Center]. **Transporte de Cargas no Brasil – Ameaças e Oportunidades para o desenvolvimento do país** [Cargo transportation in Brazil – Threats and Opportunities for the development of the country], 2012.

Costa, L., Oliveira Jr, O., Travieso, G., Rodrigues, F., Boas, P. V., Antiqueira, L., Viana, M., and da Rocha, L. **Analyzing and modeling real-world phenomena with complex networks: A survey of applications**. 2007.

Ducruet, C. (2012) **'Port regions and globalization'**, in T.E. Notteboom. Ports in proximity: Competition and coordination among adjacent seaports, Aldershot: Ashgate, 41-54. Disponível em < <http://www.sciencedirect.com/science/journal/13665545>>. Acessado em: 18/07/2017.

Erdos, Paul; Rényi, Alfréd. **On the evolution of random graphs**. Publ. Math. Inst. Hung. Acad. Sci, v. 5, n. 1, p. 17-60, 1960.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Gargalos e demandas da infraestrutura rodoviária e os investimentos do PAC: mapeamento IPEA de obras rodoviárias**. Brasília: IPEA, 2013.

Santana, Eduardo Almeida. **Dificuldades para a implementação da Lei de Modernização dos Portos (Lei no 8.630/93) no Brasil**. 2011. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Altos Estudos de Política e Estratégia) – Escola Superior de Guerra, Rio de Janeiro, 2011.

Santos, C.C.R.; **Redes Marítimas e TVG da Cabotagem Brasileira: Estrutura Espacial e Dinâmica Regional**. Tese de Doutorado apresentada no Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial, Centro Universitário SENAI CIMATEC, 2018

Santos, C.C.R.; Cunha, M. V. ; Pereira, H. B. B. **Identificando Hubs na Rede Marítima da Cabotagem Brasileira Utilizando Time-Varying Graph**. In: XX Encontro Nacional de Modelagem Computacional, 2017, Nova Friburgo. Identificando Hubs na Rede Marítima da Cabotagem Brasileira Utilizando Time-Varying Graph, 2017.

Wasserman, S.; Faust, K. **Social Network Analysis: Methods and Applications**. New York: Cambridge Press, 1994.

Watts, D. J.; Strogatz, S. H. **Collective dynamics of 'small-world' networks**. Nature, v. 393, n. 6684, p. 409-410, 1998.

IMPREGNAÇÃO INCIPIENTE DE HSIW EM ZEÓLITA Y PARA PRODUÇÃO DE ACETATO DE BUTILA

Mateus Freitas Paiva

Universidade de Brasília, Instituto de Química
Brasília – Distrito Federal

Juliene Oliveira Campos de França

Universidade de Brasília, Instituto de Química
Brasília – Distrito Federal

Elon Ferreira de Freitas

Universidade de Brasília, Instituto de Química
Brasília – Distrito Federal

José Alves Dias

Universidade de Brasília, Instituto de Química
Brasília – Distrito Federal

Sílvia Cláudia Loureiro Dias

Universidade de Brasília, Instituto de Química
Brasília – Distrito Federal

RESUMO: A crescente demanda por processos ambientalmente amigáveis e o uso de catalisadores ácidos inorgânicos em reações homogêneas torna-se cada vez mais obsoleto. Dentro desta perspectiva, a procura e produção de materiais cuja eficiência catalítica possa ser incrementada vem se destacando nas pesquisas acadêmicas. Classicamente utilizados em catálise do tipo “Bulk”, heteropoliácidos do tipo Keggin (HPA's) são considerados superácidos bastante versáteis em solução. A fim de superar limitações em relação a sua baixa área específica, estes podem ser suportados em

diferentes peneiras moleculares. No presente trabalho, o ácido 12-tungstosilícico (HSiW) foi impregnado em diferentes concentrações na zeólita Y comercial e caracterizado por várias técnicas: FRX/EDX, FT-IR, DRX, MAS-RMN de ^{27}Al , fissisorção de N_2 a baixa temperatura e adsorção/desorção gasosa de piridina, (TG/TPD). Observou-se a importância que a sua inserção e consequente heterogeneização tiveram nas propriedades finais de uma nova classe de catalisadores de interesse ambiental. Eles apresentaram boas taxas de conversão nas reações de esterificação do butanol com ácido acético ($\geq 58\%$ em 4 h), sem lixiviação da fase ativa.

PALAVRAS-CHAVE: Ácido silicotungstico, Zeólita Y, Impregnação Incipiente, Esterificação.

INCIPIENT WETNESS IMPREGNATION OF HSIW ON ZEOLITE Y TO BUTYL ACETATE PRODUCTION

ABSTRACT: The increasing demand for environmentally friendly processes made obsolete the use of inorganic acid catalysts in homogeneous reactions. From this perspective, the demand and production of materials whose catalytic efficiency can be increased has been highlighted in academic research. Keggin-type heteropolyacids (HPA's), classically used

in Bulk catalysis, are considered very versatile superacids in solution. In order to overcome limitations in relation to their low specific surface, they may be supported on different molecular sieves. In the present work, 12-tungstosilicic acid (HSiW) was impregnated at different concentrations in the commercial zeolite Y and characterized by several techniques: XRF/EDX, FT-IR, XRD, ^{27}Al MAS-NMR, N_2 physisorption at low temperature, gas adsorption/desorption of pyridine (TG/ TPD). It was observed the importance of HSiW insertion and consequent heterogenization had on the final properties of a new class of catalysts of environmental interest. They presented higher conversion rates in the esterification reactions of butanol with acetic acid ($\geq 58\%$ in 4 h), without leaching out the active phase.

KEYWORDS: Silicotungstic acid, Zeolite Y, Incipient wetness impregnation, Esterification.

1 | INTRODUÇÃO

Na busca de catalisadores alternativos para uma química sustentável, as pesquisas acerca de processos catalíticos heterogêneos vêm se intensificando, visto que estes possibilitam o uso contínuo e duradouro de materiais (SCHMAL, M., 2011; WYPYCH, F., 2012).

Heteropoliácidos do tipo Keggin apresentam uma elevada acidez e um grande potencial oxidante eficiente. Devido a sua alta força ácida e estabilidade térmica, os HPA's vêm sendo usados em várias reações ácidas, porém com a desvantagem de serem catalisadores homogêneos (JÚNIOR, W. A. G., 2008).

O ácido 12-tungstosilícico (HSiW) têm despertado crescente interesse da comunidade científica por apresentar-se como um substituinte a ácidos inorgânicos clássicos e poder ser aplicado em múltiplas reações industriais, tais como: hidratação de olefinas, síntese de acetato de etila, oxidação de etileno para produção de ácido acético etc. (OLIVEIRA, K. I. S., 2009).

A fim de aperfeiçoar a sua eficiência catalítica, usa-se comumente um suporte de maior área específica que possa agir como substrato ou estrutura para o componente catalítico e que seja capaz de realizar processos heterogêneos. Um catalisador suportado é aquele em que a fase ativa é dispersa sobre um material usualmente inerte e poroso (PRADO, A. G., 2003; BORGES, L. D., 2011; OLIVEIRA, K. I. S., 2013).

Os suportes devem apresentar alta área superficial com o objetivo de aumentar a acessibilidade aos sítios ativos destes materiais de modo que a catálise seja eficaz. É comum que zeólitas sejam utilizadas como suporte, devido as suas propriedades como: alta seletividade de forma, decorrente da complexa rede de canais existentes na sua estrutura; alta capacidade de adsorção e elevada área superficial específica. (LUNA, F.J., SCHUCHARDT, U., 2001; PRADO, A. G., 2003; BORGES, L. D., 2011).

Desde sua primeira aplicação, em 1962, no craqueamento catalítico em leito fluidizado (FCC, sigla em inglês para *Fluid Catalytic Cracking*) de destilados de petróleo bruto, até a atualidade, a zeólita Y (classe mineralógica da faujasita), vêm ganhando cada vez mais destaque devido a sua relevância em processos industriais modernos (JIN, D. *et al.*, 2009).

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi preparar, caracterizar (estrutural/morfológicamente) e avaliar a atividade catalítica de catalisadores de HSiW impregnado em zeólita Y em reações de esterificação do ácido acético com n-butanol para produção de acetato de butila.

2 | PARTE EXPERIMENTAL

2.1 Impregnação do ácido silicotúngstico em Zeólita y

A etapa do preparo tem forte impacto sobre a qualidade final de um catalisador. No presente trabalho foi escolhido o método impregnação incipiente (ERTL, G., KNÖZINGER, H., WEITKAMP, J., 1997) para a obtenção dos materiais. A zeólita Y amoniacal (CBV 500, Zeolyst, razão $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 = 5,2$ e $\text{Na}_2\text{O} = 0,2$) foi previamente calcinada a $500\text{ }^\circ\text{C}/8\text{ h}$ para a obtenção da sua forma protônica (HY). O HSiW (Aldrich) foi dissolvido em um volume de 1,8 mL de solução $0,1\text{ mol L}^{-1}$ de HCl e esse volume foi aspergido sobre a HY sob agitação mecânica. Em seguida, os suportes impregnados passaram por uma secagem controlada para a retirada do solvente e permanência do precursor nos poros (Figura 1). Esse procedimento foi realizado em um rotaevaporador (RE-120, Büchi) sob vácuo, com um banho a $80\text{ }^\circ\text{C}/4\text{ h}$. Esses materiais foram tratados em forno mufla a $300\text{ }^\circ\text{C}/4\text{ h}$ e nomeados de X%HSiW/Y.

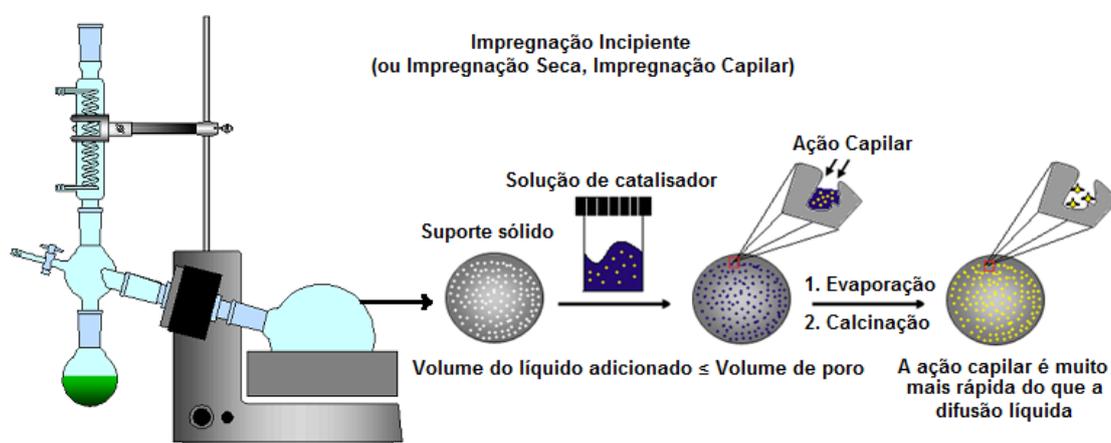


Figura 1. Representação do método de impregnação incipiente para a preparação de catalisadores suportados.

2.2 Caracterização dos materiais

As quantidades reais de HSiW presente na matriz zeolítica foram determinadas através do método quantitativo de fluorescência de raios X por energia dispersiva (FRX/EDX, Shimadzu, EDX-720). Para verificar a interação do heteropoliácido com o suporte utilizou-se a Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FT-IR, Varian 640).

Quanto as propriedades estruturais foram realizadas medidas de Difração de Raios X (DRX, Bruker, D8Focus, radiação Cu-K α de 1,5418 Å) utilizando porta amostra de alumínio (sinal intenso e constante no ângulo de 2 θ igual a 44,7°, tomando como sinal de intensidade padrão).

Espectros de ^{27}Al foram obtidos por Ressonância Magnética Nuclear em Estado Sólido (MAS-RMN, Bruker 600 MHz, Avance) para verificar os ambientes químicos presentes na rede zeolítica e a influência do HSiW sobre estes.

Experimentos de adsorção gasosa de piridina com posterior análise termogravimétrica (TA Instruments, SDT 2960) simularam uma dessorção térmica programada (TPD) da piridina, a fim de verificar o número de sítios ácidos na estrutura dos materiais sintetizados.

Por fim, testes de lixiviação simulada seguindo método descrito na literatura (FREITAS, E. F. de *et al.*, 2017) foram realizados para verificar a força de interação entre o HSiW e a zeólita Y, bem como a estabilidade do catalisador na presença de solventes polares.

2.3 Teste catalítico

O experimento reacional foi realizado em microreatores de 5 mL utilizando-se 10% (m/m) de catalisador em relação ao ácido acético. Os catalisadores foram tratados termicamente a 300 °C (para remoção de água adsorvida pelo material catalítico). Os reagentes (n-butanol e ácido acético) foram adicionados no reator na proporção molar ácido acético:n-butanol 1:2. A mistura foi mantida sob agitação magnética a 100 °C por 1 h. Para separação do líquido e do catalisador foi utilizado uma centrifuga. Os valores de conversão foram obtidos por análise em CG-FID (Shimadzu, GC-17A).

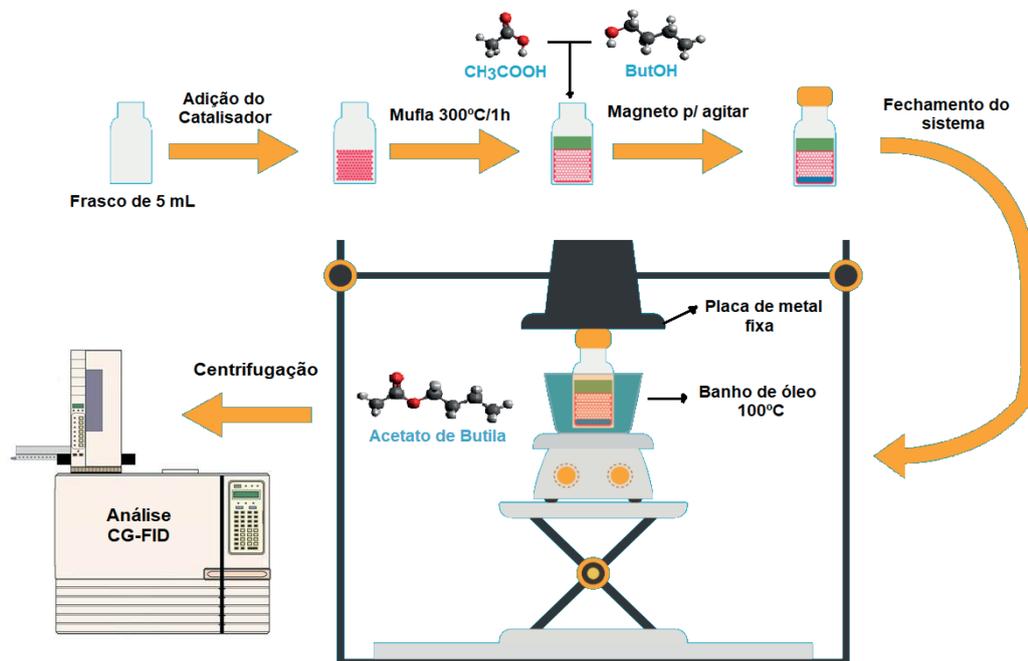


Figura 2. Representação simplificada do sistema reacional desenvolvido no laboratório utilizado na reação de esterificação.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise elementar via FRX/EDX apontou que foram preparados materiais nos teores de 5, 7, 9 e 12% de ácido silicotungstíco.

Heteropoliácidos do tipo Keggin possuem quatro ambientes químicos para o oxigênio quando analisador via infravermelho: doze ligações duplas terminais $W=O$ (985 cm^{-1}), doze ligações $W-O-W$ (807 cm^{-1}) quase lineares conectando duas diferentes tríades (W_3O_{13}), doze ligações $W-O_b-W$ (887 cm^{-1} , O arestas) angulares formadas pelo octaedro com o grupo W_3O_{13} (KOZHEVNIKOV, I. V., 1998). Para os materiais sintetizados, o espectro de FT-IR apresentou bandas características $Si-O_a$ (O, tetraedro central) em 921 cm^{-1} e $W-O_c-W$ em 921 cm^{-1} (O, vértices), evidenciando a presença do ânion de Keggin do HSiW suportado na zeólita Y (Figura 3). As demais bandas não se sobressaíram muito no espectro, devido a possível sobreposição das bandas do HSiW com as bandas da zeólita, localizadas em 1030 e em 1147 cm^{-1} (GIANNETTO, P., 1990). Ainda assim, há uma diminuição na intensidade e relativo deslocamento das bandas características da zeólita Y, conforme se aumenta a quantidade de HSiW. Isso sugere que há uma interação entre a estrutura da zeólita com o HSiW.

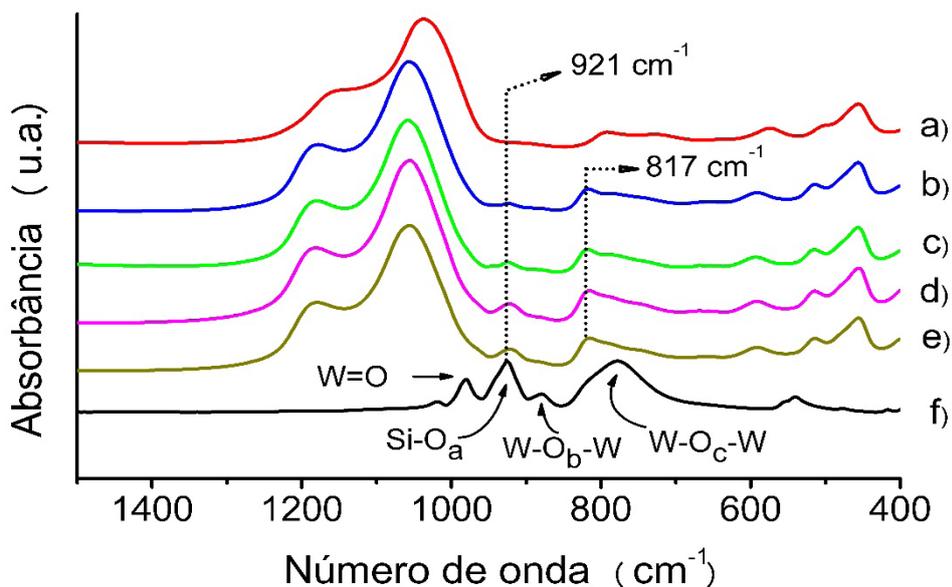


Figura 3. Espectros de FT-IR: a) Zeólita Y pura, (b, c, d, e) HSiW/Y (5, 7, 9 e 12%); f) HSiW puro.

Os resultados de DRX (Figura 4) evidenciaram que o HSiW está bem disperso na zeólita Y, já que não foi possível identificar picos característicos dos seus cristais nos materiais suportados. Foi observado ainda uma diminuição na intensidade das reflexões para a zeólita Y com o aumento da quantidade de HSiW no suporte.

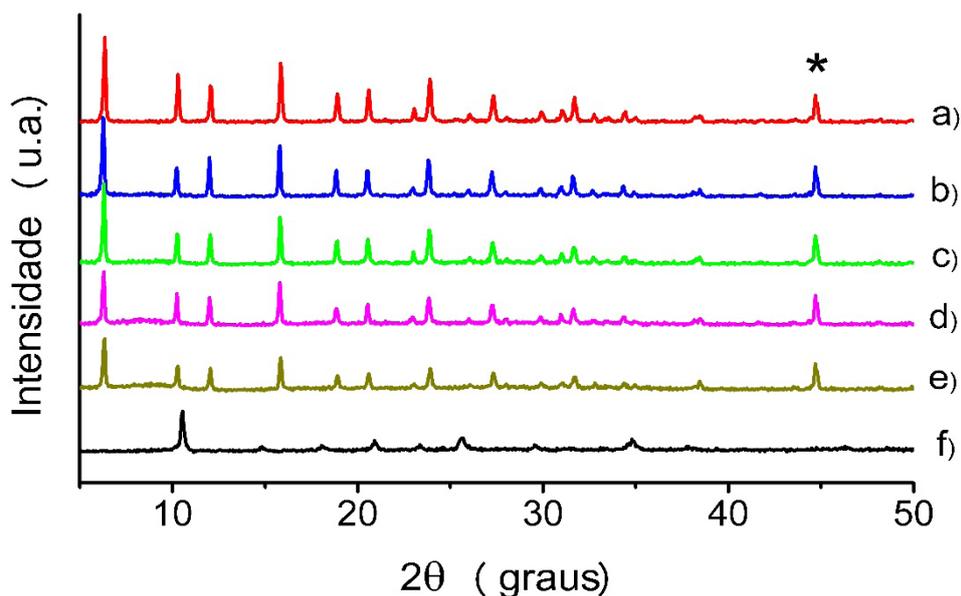


Figura 4. Padrões de DRX: a) Zeólita Y pura, (b, c, d, e) HSiW/Y (5, 7, 9 e 12%); f) HSiW puro. O (*) no DRX indica o pico relacionado ao porta amostra de alumínio, utilizado como sinal de intensidade padrão no cálculo de cristalinidade.

Na posse destes dados, juntamente com isotermas obtidas da fissorção de N_2 a baixa temperatura foi possível determinar, seguindo metodologia de Giannetto (1990), a cristalinidade relativa das amostras (Tabela 1).

Material	C_{DRX} (%)	C_{FIS} (%)
5%HSiW/Y	98	93
7%HSiW/Y	87	91
9%HSiW/Y	81	85
12%HSiW/Y	78	84

Tabela 1. Cristalinidades calculadas usando DRX (C_{DRX}) e fissisocção de nitrogênio (C_{FIS}) para os catalisadores suportados preparados pelo método de impregnação incipiente.

Mesmo após a impregnação, a cristalinidade permaneceu alta, indicando que a estrutura zeolítica teve poucas modificações com a inserção incipiente do HSiW. A perda observada pode estar relacionada à remoção de alumínio da rede pelo heteropoliácido, que ao fazê-la gera ambientes favoráveis para sua deposição, agora numa nova configuração (FREITAS, E. F. de *et al.*, 2018).

Os espectros de MAS-RMN de ^{27}Al (Figura 5) confirmaram a existência de 2 ambientes químicos distintos nos materiais: um em aproximadamente 60 ppm (alumínio tetraédrico) e outro em 0 ppm (alumínio hexacoordenado).

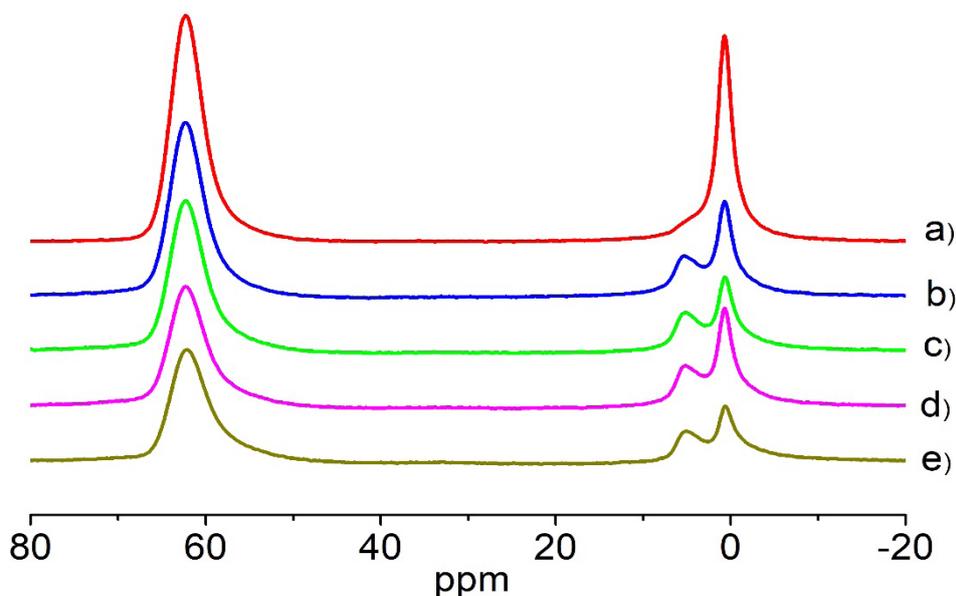


Figura 5. Espectros de MAS-RMN de ^{27}Al : a) Zeólita Y pura; (b, c, d, e) HSiW/Y (5, 7, 9, 12%).

Estes ambientes hexacoordenados, por sua vez, podem ser responsáveis pelo aumento da mesoporosidade de segunda ordem nos materiais e apresentam a capacidade de se ligar fortemente ao HSiW, tornando os catalisadores mais estáveis e resistentes a lixiviação em solventes polares, conforme posteriormente verificado experimentalmente.

A fim de verificar as propriedades texturais dos materiais (área de microporos, mesoporos e área externa) foram geradas isotermas de adsorção/dessorção em N_2 à baixa temperatura. Foi possível observar que o HSiW apresentou uma área específica muito pequena ($\approx 5 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$), justificando-se assim a necessidade de suportá-lo em

uma matriz como a zeólita Y. A Figura 6 indica que no geral, a distribuição de áreas se manteve praticamente constante após a impregnação e que existe um aumento da mesoporosidade nos materiais suportados em comparação a zeólita Y pura, conforme previsto na análise dos ambientes pelos espectros de MAS-RMN de ^{27}Al .

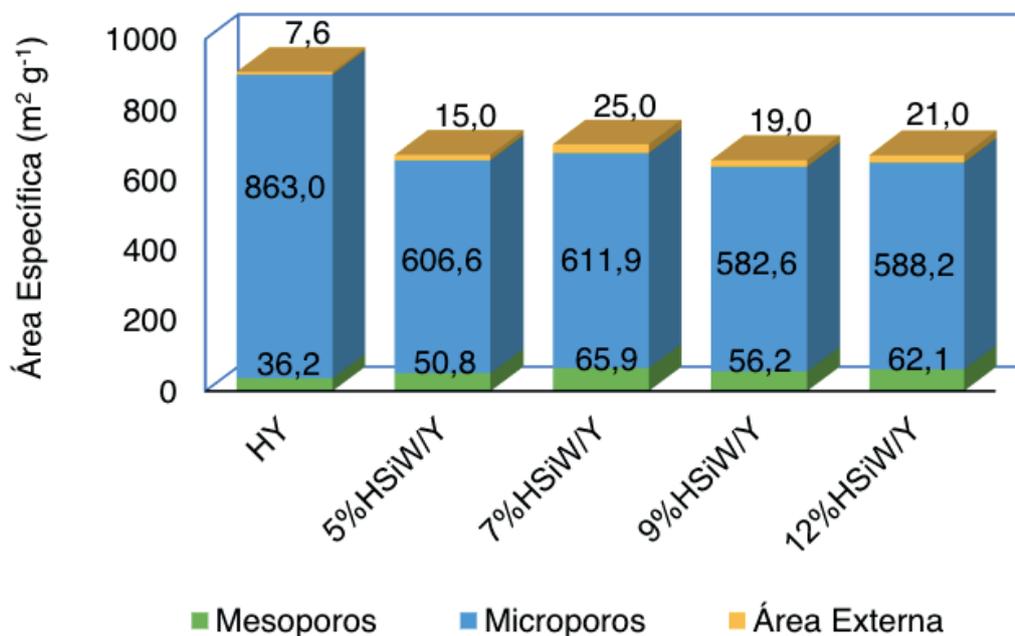


Figura 6. Distribuição de áreas para os materiais preparados. Área superficial externa obtida pelo método t-Plot, área de microporos obtida pelos métodos BET e t-Plot (subtração da área superficial específica de BET da área superficial externa de t-Plot) e área de mesoporos obtida pelo método BJH.

Em relação aos parâmetros de acidez, como natureza e proporção dos sítios ácidos do HSiW suportado na zeólita Y, estas foram verificadas utilizando a piridina como molécula sonda adsorvida no catalisador. A análise por espectroscopia FT-IR permitiu verificar qualitativamente a presença dos sítios ácidos a partir das bandas vibracionais de interação da piridina (Figura 7). Nas amostras suportadas, há uma clara redução da acidez de Lewis em relação a de Brønsted, devido a interação que ocorre entre o ânion de Keggin e os ambientes de alumínio fora da rede. O conhecimento desta informação permite realizar uma adequada seleção de possíveis aplicações dos materiais sintetizados. Conforme descrito na literatura (CORMA, A., 1995), sítios de Brønsted são apropriados para aplicação em reações tais como esterificação, polimerização e desidratação seletiva de álcoois. No presente estudo, escolheu-se esterificação do ácido acético com n-butanol como reação teste para se verificar a atividade catalítica dos materiais.

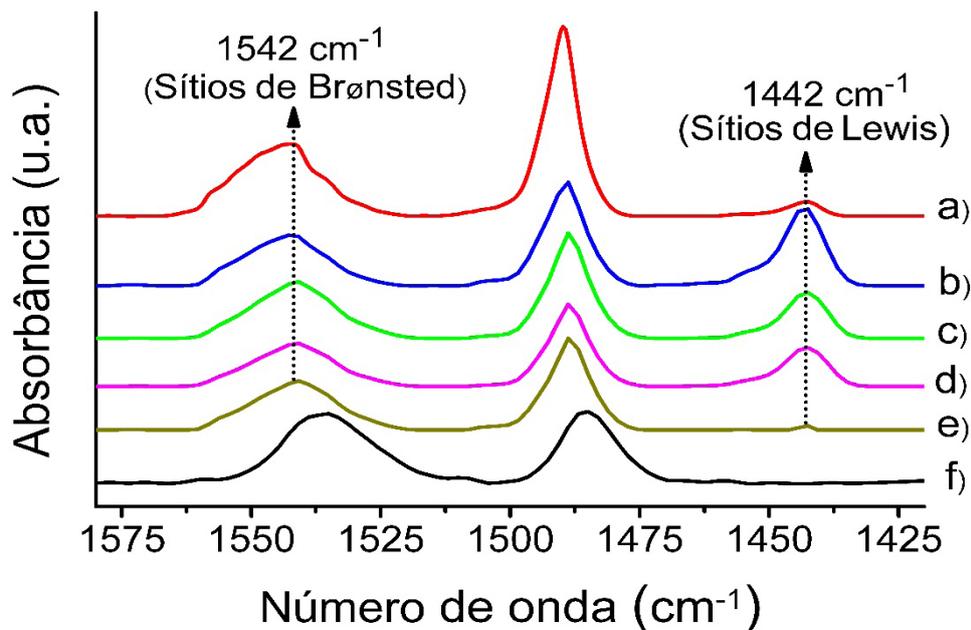


Figura 7. Espectros de FT-IR após adsorção gasosa de piridina: a) Zeólita Y pura, (b, c, d, e) HSiW/Y (5, 7, 9 e 12%); f) HSiW puro.

A Tabela 2 apresenta o número total de sítios ácidos e os valores de conversão obtidos no primeiro ciclo catalítico da produção do acetato de butila. Os materiais de HSiW impregnados apresentaram atividades distintas, e alguns foram muito ativos na reação testada, quando comparados aos padrões reacionais e usando apenas os reagentes. Foi observado ainda que à medida que o tempo reacional foi variado os valores de conversão também aumentaram, até que em cerca de 4 h de experimento um estado de equilíbrio foi atingido, obtendo-se um máximo de 73% de conversão para a amostra de 9%HSiW-Y, que foi aquela com maior número de sítios.

Visando obter informações sobre a estabilidade desta amostra frente a reutilização, outros 2 ciclos catalíticos foram realizados. A Tabela 3 mostra os resultados deste experimento para 1 h, onde verificou-se que a atividade catalítica do material permaneceu quase inalterada, sendo este um indicativo da manutenção da estrutura dos catalisadores mesmo na presença de solventes polares.

Material	N_{Py}^a (mmol g^{-1})	Conversão ^b (%)							
		Tempo (h)							
		0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
5%HSiW-Y	0,66	10	20	24	37	44	55	56	58
7%HSiW-Y	0,79	12	25	31	47	53	65	66	68
9%HSiW-Y	0,87	29	40	45	58	64	72	72	73
12%HSiW-Y	0,82	26	33	40	57	61	63	67	71

Tabela 2. Número total de sítios ácidos e valores de conversão obtidos na reação de esterificação.

^aQuantidade de piridina adsorvida nos catalisadores. Valores obtido por TG/TPD. Parâmetros de

referência na acidez: HY-Pura = 1,03 mmol/g; HSiW Puro = 0,90 mmol/g; ^bValores obtidos por CG; Testes padrões (brancos) da reação para 1 h – Zeólita Y: 22% (catálise heterogênea); HSiW: 78% (homogênea); Apenas reagentes de partida: 18%.

Ciclo	Conversão ^a (%)
1	40
2	38
3	37

Tabela 3. Avaliação da conversão na reutilização do catalisador de 9%HSiW/Y em distintos ciclos reacionais.

^aApós 1 h de reação ocorreu a separação do catalisador por centrifugação, com posterior secagem a 100 °C/24 h.

4 | CONCLUSÃO

Uma nova classe de catalisadores heterogêneos de interesse ambiental foi sintetizada realizando-se a inserção incipiente em baixas proporções de HSiW em zeólita Y. Estes materiais se mostraram mais estáveis estruturalmente, com melhor interação entre o ácido silicotungstico e o suporte, apresentando maiores taxas de conversão na reação de esterificação do ácido acético com n-butanol e não havendo a lixiviação da fase ativa. Fatores como adequada distribuição de áreas, disponibilidade de sítios ácidos e manutenção das estruturas zeolítica e de Keggin demonstrados nos resultados, se mostraram essenciais para compreensão da atividade catalítica, permitindo ao final do estudo a realização de uma otimização relativa ao tempo reacional e a recuperação dos catalisadores. Além da reação de esterificação, os resultados indicam que os materiais são sólidos ácidos promissores para aplicação em outras reações dependentes de forte acidez de Brønsted.

REFERÊNCIAS

BORGES, Luciana Diniz. **Preparação e atividades catalíticas de zeólitas Y desaluminizadas**. Brasília, Distrito Federal: UnB, 2011. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade de Brasília, 2011.

CORMA, A. Inorganic Solid Acids and Their Use in Acid-Catalyzed Hydrocarbon Reactions. **Chemical Reviews**, v. 95, n. 3, p. 559-614, 1995.

ERTL, G., KNÖZINGER, H., WEITKAMP, J. (ed.) **Handbook of Heterogeneous Catalysis**. Weinheim: Wiley VCH, 1997.

FREITAS, E. F. de *et al.* Comparative acidity of BEA and Y zeolite composites with 12-tungstophosphoric and 12-tungstosilicic acids. **Molecular Catalysis**, v. 458, p. 152-160, 2018.

FREITAS, E. F. de *et al.* Generation and characterization of catalytically active sites of heteropolyacids on zeolite Y for liquid-phase esterification. **Catalysis Today**, v. 289, p. 70-77, 2017.

GIANNETTO P. **Zeólitas: Características, propiedades y aplicaciones industriales**. Caracas: EdIT - Editorial Innovación, 1990.

JIN, D. *et al.* Microwave assisted in situ synthesis of USY-encapsulated heteropoly acid (HPW-USY) catalysts. **Applied Catalysis A: General**, v. 352, n. 1, p. 259-264.

JÚNIOR, Walter Alves Gomes. **Aplicações dos heteropoliácidos do tipo Keggin à acilação de Friedels Crafts e à síntese de chalconas**. Salvador, Bahia: UFBA, 2008. Originalmente apresentada como Tese de doutorado, Universidade Federal da Bahia, 2008.

KOZHEVNIKOV, I. V. Catalysis by Heteropoly Acids and Multicomponent Polyoxometalates in Liquid-Phase Reactions. **Chemical Reviews**, v. 98, n. 1, p. 171-198, 1998.

LUNA, F. J., SCHUCHARDT, U. Química verde, os desafios da química do novo milênio. **Química Nova**, v. 26, n. 5, p. 738-744, 2003.

OLIVEIRA, Karine Isabel Scroccaro. **Desenvolvimento de catalisador de heteropoliácido suportado em sílica para reação de esterificação**. Curitiba, Paraná: UFPR, 2013. Originalmente apresentada como tese de doutorado, Universidade do Paraná, 2013.

OLIVEIRA, Karine Isabel Scroccaro. **Impregnação de heteropoliácidos em sílica para esterificação do ácido esteárico com metanol**. Curitiba, Paraná: UFPR, 2009. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade do Paraná, 2009.

PRADO, A. G. S. Química verde, os desafios da química do novo milênio. **Química Nova**, v. 26, n. 5, p. 738-744, 2003.

SCHMAL, M. **Catálise heterogênea**. Rio de Janeiro: Synergia, 2011.

WYPYCH, F. Impregnação do Ácido 12-fosfotúngstico em Sílica – parte I: determinação de parâmetros de impregnação, caracterização e avaliação da atividade catalítica. **Química Nova**, v. 35, n. 7, p. 1343-1347, 2012.

MULTISCALE SPATIAL INFLUENCE ON METABOLITES IN JABUTICABA

Gustavo Amorim Santos

Universidade Federal de Goiás, Instituto de
Química
Goiânia – Goiás

Luciane Dias Pereira

Instituto Federal de Goiás
Anápolis – Goiás

Suzana da Costa Santos

Universidade Federal de Goiás, Instituto de
Química
Goiânia – Goiás

Pedro Henrique Ferri

Universidade Federal de Goiás, Instituto de
Química
Goiânia – Goiás

ABSTRACT: Jabuticaba seeds make up agroindustrial residues, despite its chemical composition with potential biological activity. Multivariate variograms were indicated a spatial chemical structure in seed metabolites, as well as the environmental factors responsible for them. A spatial dependence between the nutrients of the seeds and soils of the fruit origin was observed, suggesting a phenotypic response of the metabolites to the environmental sources of these nutrients. Moran's eigenvector maps (MEM) allowed the modeling of the spatial influence at fine and broad distances in the study area, and controlled the spatial variance not

explained by seed (Mn^{2+} , Cu^{2+}) and soil (Mn^{2+}).

KEYWORDS: *Myrciaria cauliflora*, chemical composition, spatial variation, multivariate geostatistics

RESUMO: Sementes de jabuticaba compõem resíduos agroindustriais, apesar de sua composição química com potencial atividade biológica. Variogramas multivariados indicaram uma estrutura química espacial para metabólitos de sementes, bem como os fatores ambientais responsáveis por ela. Uma dependência espacial foi observada entre nutrientes das sementes e dos solos de origem dos frutos, sugerindo uma resposta fenotípica dos metabólitos às fontes ambientais desses nutrientes. Os mapas de autovetores de Moran (MEM) permitiram modelar a influência espacial a curtas e longas distâncias, na área de estudo, controlando a variância espacial não explicada pelos nutrientes da semente (Mn^{2+} , Cu^{2+}) e do solo (Mn^{2+}).

PALAVRAS-CHAVE: *Myrciaria cauliflora*, composição química, variabilidade espacial, geoestatística multivariada.

1 | INTRODUCTION

Natural processes occur in a particular spatial location that can be represented by

geographic coordinates, which can be used to evaluate the trends of response variables, as a function of latitude and longitude of the sampling sites, represented by polynomial functions adjusted by means of polynomial regression. These models allow us to find the structure of the variables in the environment and the tendencies of spatial structures to be linear, cubic, third order or higher, in a simple and powerful way. However, these polynomial functions are appropriate for phenomena that occur on a large scale, and for those of small scale, techniques using eigenfunctions are more appropriate (LEGENDRE & LEGENDRE, 2012), since they allow to represent structures at all distances between sites collection.

Eigenfunctions are families of multiscale methods for multivariate responses. The technique consists of constructing eigenvectors of spatial matrices and using them as predictors in linear models. Some of these eigenvectors were originally called PCNM (Principal Coordinates of Neighbor Matrices) and now called dbMEM (distance-based Eigenvector Maps), and included within MEM, i.e. Moran's Eigenvector Maps (DRAY et al., 2006). They are able to identify the scale in which spatial correlation occurs, which allows the elaboration of models that can be decomposed into different scales, facilitating the interpretation and understanding of the relations between response and explanatory variables.

Dray et al. (2006) found an algebraic formulation for the construction of MEM that allowed the construction of the two matrices: a) a connectivity matrix (B), represented by any type of graph, but often using minimum spanning tree algorithms, Gabriel graphs and Delaunay triangulation, among others, of the spatial coordinate points; b) an array of weights (A) that translates a notion of distance between neighboring samples but which can be replaced by different relations, such as similarity, which establishes exchanges of matter or energy between neighbors with greater or lesser ease.

MEN allowed the study of spatial (and temporal) structure in different fields and for the most part, use binary eigenfunctions or transformations at geographic distances. Once the trend of the variables in space is found, it is possible to use this information in multivariate techniques such as clustering (HCA), canonical redundancy analysis (RDA), and partitioning of the total variation by pRDA of the set of response variables as a function of environmental spatial predictors.

Geostatistics provides other proposals for spatial variance analysis, for example, in the construction of variograms. In these graphical tools, the ordinate is represented by the semivariance, $\gamma(h)$, and the abscissa by the distances between the collection sites, called classes (lag). Semivariance is the measure of the distance-dependent sample variance and indicates the spatial correlation between the samples. These tools are widely used and can be modeled in linear, exponential, spherical and Gaussian formats, mainly. The variograms can be uni or multivariate, the latter being described by Wagner (2004), in the proposition of multiscale ordination methods (MSO). These methods integrated well-known ordination techniques (PCA, RDA)

into the classical variograms with statistical significance tests using Monte Carlo permutations. Thus, variograms matrices were used as geostatistical extensions of MSO, allowing the integration of spatial structures of a wide variety of processes and at different levels of organization.

In recent work (SANTOS et al., 2019), the dynamics of the metabolites of the seeds and peels of jabuticaba fruits resulted from abiotic factors, including mineral nutrients from fruit's parts and soil. In order to associate the chemical variability and geographic scale of sampling sites, the aims were to evaluate the presence of spatial correlation and to apply spatial representation models with MEM eigenfunctions and multiscale techniques by means of multivariate variograms, allowing to evaluate the dependence of the geographical scale on the variability of the metabolites from jabuticaba fruits.

2 | MATERIAL AND METHODS

In the spatial analyzes, the first two RDA axes were used to represent the chemical variability, since it summarizes the multidimensional chemical information in the samples at the collection sites (PEREIRA et al., 2017; SANTOS et al., 2019). RDA can also provide the main variance fractions explained by the predictors selected among seed (Mn^{2+} and Cu^{2+}) and peels (Mn^{2+} and P) of fruit origin and soil (Mn^{2+}) nutrients, in addition to spatial predictors based on MEM. In this work three classes of MEM were obtained (Table 1), according to a strategy defined by Legendre & Legendre (2012).

In the first two classes a connectivity matrix (B) define vertices of triangles without the inclusion of new locations (Delaunay triangulation). The third class uses the concept of distance around a point, which identifies pairs between sampling points from a multivariate variogram of the response matrix. The absence of weighting or the inverse weighting of the Euclidean distance define the weight matrix (A).

Classes	Matrices		MEM Properties
	Connectivity (B)	Weight (A)	
1	Neighborhood based on Delaunay triangulation	all 1	Binary and based on the topology and with influence only of B
2		$f_2=1-(d/d_{max})^a$	Weighted by the inverse of the power of Euclidean distance (nonlinear)
3a	Distance based on multivariate variogram	all 1	Based on the multivariate variogram with influence only of B
3b		$f_2=1-(d/d_{max})^a$	Weighted by the inverse of the power of Euclidean distance (nonlinear)

Table 1. Classes of Mohan's Eigenvectors Maps (MEM).

The significant MEMs of each class were selected by an automatic selection procedure, retaining those of the lowest value of the corrected Akaike information criterion (AICc). The selected MEMs were incorporated into the explanatory matrix containing the nutrients of the parts of the fruits and the soil's origin. The RDA of the best model was based on the values of variance inflation factor (VIF) and adjusted coefficient of determination (R^2_{adj}).

RDA results were used in the construction of variograms to estimate the magnitude of the spatial dependence between the sampling sites. The variance was estimated using semivariance, $\gamma(h)$, where $n(h)$ is the number of pairs in the distance classes h ; Z_x and Z_{x+h} are values of the chemical parameters in the positions x and $x+h$, respectively:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n(h)} \sum_{x=1}^n (Z_x - Z_{x+h})^2$$

The number of classes ($h = 8$) was determined by Sturge's rule, which avoids arbitrary inflation of spatial variation explained as a function of class size.

Most models begin with a value of semivariance above zero, called a nugget (C_0). If there is spatial autocorrelation, the semivariance increases with the distance intervals (class) until reaching its maximum, known as sill (C_0+C). The variance between the nugget and sill is called partial sill (C) and corresponds to the part of the variance explained by the spatial structure. The ratio $C/(C_0+C)$ determines the spatial autocorrelation force (structural variance, Q). The range estimate the scale at which spatial dependence occurs. The parameters nugget, range, Q and R^2_{adj} were obtained from the theoretical model with best fit based on automatic selection with cross-validation parameters as validation strategy. All the data were investigated for anisotropy. The distribution of the chemical parameter (Z_x) was expressed by means of a linear interpolation map (kriging) that provides the best estimate that minimizes the prediction error variations for the response variables.

Multiscale analysis (WAGNER, 2004) was used to model spatial structures at various scales. In these cases, semivariance multiple comparisons were performed by Bonferroni correction ($k' = 0.05/n$, where n is the number of classes and k' the adjusted significance) avoiding the increase of the type I error. Envelopes describing the confidence limits around the mean semivariance were used to assess the scale independence over the distance. Prior the analysis, the response matrix was transformed to $\log(x+1)$, centered on the mean and detrended in relation to the geographic coordinates, while the explanatory matrix was autoscaling. For the calculations were used the packages GS+ (Geostatistics for the Environmental Sciences, version 10.0, Gamma Design, Michigan, 2014) and R (R Foundation for

3 | RESULTS AND DISCUSSION

The correlation between the Euclidian distances (ED) of the response matrix and the geographic distance between the samples indicated a strong association between the two matrices, suggesting a spatial influence on the chemical variability. The distance values varied from 0.4 (6.1 m) between samples 1 and 3 of S1 soil, to 17.3 (1457.6 m) between sample 3 of soil S3 and sample 1 of soil S5. The lowest ED of the metabolites was for seed samples with small geographical distances, while the highest were observed among the geographically distant sites. This result was confirmed by Mantel test ($R = 0.950$, $p = 0.001$, 999 permutations), while peels metabolites did not present any significant correlation ($R = -0.112$, $p = 0.818$), evidencing the absence of spatial autocorrelation. However, the tests were based on linear strategies, not eliminating nonlinear models of spatial influence on the peel metabolites.

The construction of eigenfunctions for the three classes of MEM led to eigenvalues selected by the lowest value of AICc (LEGENDRE & LEGENDRE, 2012). The MEM of each class composed, with the seed nutrients (Mn^{2+} , Cu^{2+}) and the fruit cultivation soil (Mn^{2+}), the explanatory matrix for new RDA. The most representative set of MEM resulted from the RDA with the lowest VIF values and of the higher R^2_{adj} for the data of the seeds (Table 2).

Classes	Matrices		MEM	RDA	
	Connectivity (B)	Weight (A)		VIF*	R^2_{adj}
1	Delaunay triangulation	1	2; 4; 8	9.1	0.900
2		$f_2=1-(d/d_{max})^a$	1; 4	6.2	0.880
3a	Multivariate variogram	1	1; 8	11.9	0.959
3b		$f_2=1-(d/d_{max})^a$	2; 14	15.4	0.933

Table 2. Selected MEM based on AIC_c criterion. *Highest VIF-value in RDA.

The analysis of the previous criteria led to the model represented by MEM1 and MEM8 (class 3a). The other two models were discarded because of a high value of VIF (class 3b) or because it presented a low R^2_{adj} value (class 2), compared to that of class 3a. MEM represent a spectral decomposition of the spatial relations between the observations in all possible ranges of variation. Thus, they represent different spatial scales and those of class 3a suitably modeled the space between the samples to broad (MEM1) and fine (MEM8) scales (Figure 1).

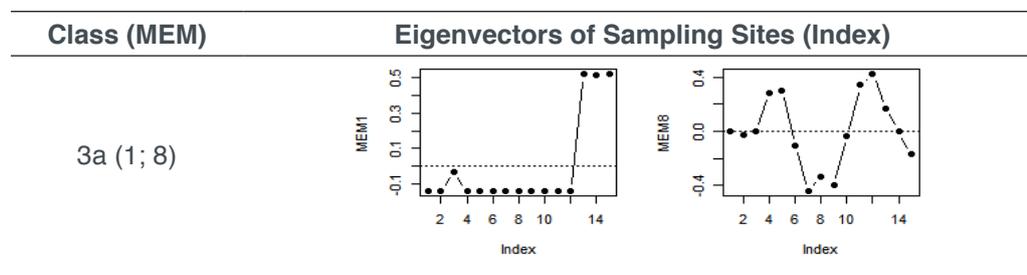


Figure 1. MEM eigenvectors according to selected class 3a.

The RDA1 was responsible for 52.2% of the explained variation ($F = 2.0$, $p = 0.001$) and separated the seeds from the S5 soil (Figure 2), mainly due to the low Mn^{2+} , moisture, insoluble fibers and ash contents, and accumulation of monomeric sugars (glucose and fructose) and citric acid. These characteristics are strongly associated with MEM1, emphasizing that RDA1 is linked to the variability of primary metabolites, which operates mainly on a long scale of geographical distance between samples.

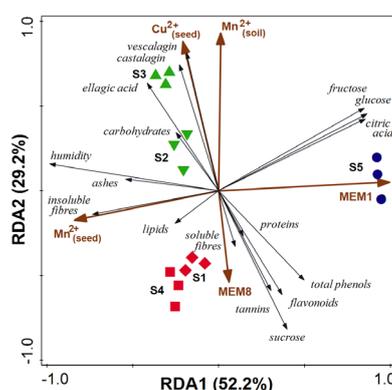


Figure 2. RDA triplot of seed metabolites in sampling sites (S1-S5) with explanatory variables.

On the other hand, RDA2 (29.2%, $F = 3.5$, $p = 0.001$) is mainly associated with the variability of special (secondary) metabolites between short-distance sampling sites (S1-S4), correlated to MEM8. Seeds of the poor soils in Mn^{2+} (S1 and S4) accumulated mainly polyphenols (phenols, flavonoids and total tannins) and sucrose, while seeds rich in Cu^{2+} and originated from soil rich in Mn^{2+} (S2 and S3) showed highest contents of ellagic acid and ellagitannins (vescalagin and castalagin), especially in the S3 orchard. The influences of descriptors were quantitatively assessed using the variation partitioning by pRDA (Table 3) in four sets: seed nutrients (Mn^{2+} , Cu^{2+}), soil (Mn^{2+}), broad (MEM1) and fine (MEM8) spatial scales.

Effects and Variables	Covariables	Variation Fraction	R ² _{adj} (%)	F	P
Total effect					
Nutrient*, soil [§] and spatials ^z		[a-o]	95.9	66.2	0.001
Partial effects					
Nutrient	Soil, spatials	[a]	18.8	26.2	0.001
Nutrient		[aeghklno]	60.8	11.9	0.001
Soil	Nutrient, spatials	[b]	5.8	15.2	0.001
Soil		[befiklmo]	21.4	4.8	0.007
Spatial (broad)	Nutrient, soil, spatial (fine)	[c]	22.9	56.7	0.001
Spatial (broad)		[cfgjlmno]	48.1	14.0	0.001
Spatial (fine)	Nutrient, soil, spatial (broad)	[d]	1.3	4.0	0.005
Spatial (fine)		[dhijkmno]	4.7	1.7	0.179
Joint effects					
Nutrient and soil		[e]	14.1		
Soil and spatial (broad)		[f]	1.4		
Nutrient and spatial (broad)		[g]	35.2		
Nutrient and spatial (fine)		[h]	0.5		
Soil and spatial (fine)		[i]	-0.3		
Spatials		[j]	-2.3		
Nutrient, soil and spatial (fine)		[k]	7.7		
Nutrient, soil and spatial (broad)		[l]	-7.0		
Soil and spatials		[m]	6.3		
Nutrient and spatials		[n]	-1.8		
Nutrient, soil and spatials		[o]	-6.6		
Residuals		[p]	4.1		

Table 3. Variation partitioning by pRDA of the seed metabolites with MEM.

*from seeds (Cu²⁺ e Mn²⁺); §(Mn²⁺); ^zMEM1 (fine) e MEM8 (broad).

The mineral nutrients of seeds and soil explained ca. 73% of the variability of the seed metabolites, with 24% of this fraction without spatial influence (fractions [a]+[b]). The spatial structure was mainly due to the long-distance component (MEM1) (48.1%). The contribution to short distances (MEM8) was only 4.7%, and not significant, despite its small and without any overlap, but with significant contribution for the variance explained ([d] = 1.3%, p < 0.005). The fraction [g] (35%) represented a strong spatial component that is jointly explained by the seed nutrients and MEM1 variation.

There is also some variation explained by the spatial variables independently of the environment (mineral nutrients). This variation is represented by the fractions [c], [d] and [j], which together explain 21.9% of the variation, which may be associated to unmeasured environmental variables, such as the effective luminous intensity in the orchards, which are spatially structured and can be influences chemical plasticity (MIEHE-STEIER et al., 2015). In turn, thin spatial structures are often associated with spatial autocorrelation of biotic origin, such as competition, intra and interspecific interaction. The spatial variables presented a nonzero intersection, despite the fact that they are orthogonal ([j] = -2.3%; [j+m+n+o] = -4.4%). This occurs because of the nutrients are not orthogonal to the MEM.

In order to better describe the spatial structure, the variograms were obtained from the two first RDA axes. The use of variograms is very important in chemistry of natural products, although scarcely studied and restricted to polyphenols and essential oils (BALUJA et al., 2012, VILELA et al., 2013). The nugget effect allows information on sources of error in the measurements or in the presence of undetected variations in the vicinity of samples. In addition, the variogram evaluates the spatial dependence by nugget/sill ratio and the effective range of spatial autocorrelation, both used in management and conservation of populations (VILELA et al., 2013).

In this study, Gaussian and spherical models were modeled for the variograms of RDA1 and RDA2, respectively (Table 4), confirming the spatial chemical structure and discarding the random distribution of the seed metabolites at the sampled sites.

Response Variable	Model	Nugget	Sill	Range (m)	Q (%) [*]	r ²	RSS [§]	MCD (m) ^z
RDA1	Gaussian	0.005	0.159	1401.2	96.8	0.914	4.5E-5	508.6
RDA2	Spherical	0.001	0.563	135.0	99.8	0.207	0.966	50.5

Table 4. Variogram parameters modeled for seed metabolites of *M. cauliflora* fruits.

^{*}Structural variance; [§]residual sum of square; ^zmean correlation distance ($3/8 \times \text{range} \times Q$)

The results showed that at least 97% of the total variance of the seed metabolites are spatially structured. On the other hand, the proportion of the nugget effect was higher in RDA1 (3.2%) than in RDA2 (0.2%), which reflects the greater spatial dependence of latter (99.8%). The range of variograms decreased from RDA1 (1401.2 m) to RDA2 (135.0 m), similarly to the mean spatial correlation distance (MCD), about 10 times between the two response variables. The MCD informs about the distance of the spatial dependence and indicated a decrease in size of geographical area that presents similar content among special metabolites. Thus, the variability in the content of metabolites such as lipids, proteins, sugars, with the exception of sucrose, citric acid and fibers occurred at longer distances than those involving polyphenols (phenols, flavonoids, tannins, ellagic acid, vescalagin and castalagin).

These results confirm the changes in the spatial chemical pattern, not only between the biosynthetic routes (primary and special metabolism), but also between different classes of the same metabolic route (polyphenols). Qualitative and quantitative changes such as polyphenols may provide a constitutive defense against herbivores or an induced response to herbivore damage, attracting predators or parasites (JURGENS et al., 2006).

The predictive maps (Figure 3) were based on adjusted models for each RDA axis by ordinary kriging. All maps showed higher variation among samples with certain similarities in the spatial patterns of two well differentiated areas: an area with high

variation, mainly of primary metabolites (RDA1), along the South-North direction (S5) and another (West-East) with greater complexity of special metabolites (RDA2). The models were validation by cross-validation, with intercept close to zero (0.01 for both RDA 1 and RDA2), high r^2 values (0.980 and 0.932) and low standard error (0.15 and 0.27, respectively).

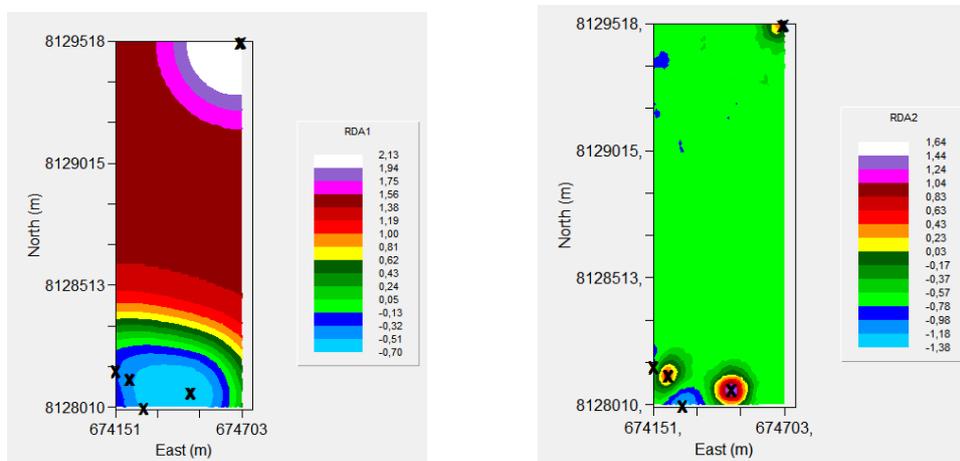


Figure 3. Spatial distribution maps of the jabuticaba metabolites according to the adjusted models from RDA1 (A) and RDA2 (B).

Unlike the genetic diversity, the description of chemical spatial structure has been little studied (ALI et al., 2010; VILELA et al., 2013; ZAOUALI et al., 2008). These studies have focused on spatial autocorrelation approaches, which do not always correctly estimate the variation explained by spatial structures. Thus, spatial chemometric methods using variograms can be used as additional tools to establish *in situ* conservation areas or *ex situ* conservation areas important for conservation and management strategies.

Although very useful, the above approach has the drawback of being restricted to a univariate analysis. A solution to this problem was the development of a multivariate variograms methodology (WAGNER, 2004), which combines ordination (PCA, RDA) with variograms, i.e multiscale ordination (MSO). MSO allows to perform three main diagnoses: 1. stationarity, that is, if the mean and variance remain constant throughout the study area; 2. absence of spatial correlation of the regression residuals, that is, the regression coefficients of the RDA can be interpreted, since the residuals are spatially independent; 3. dependence of the spatial correlation structure with the scale, that is, the regression coefficients will only be valid if the spatial correlation structure is invariant-scale (correlation between the response and explanatory variables does not depend on the scale).

In this study, MSO was performed initially by decomposition of the eigenvalues from the response matrix (seed metabolites) without conditioning, that is, a PCA was applied obtaining the total variance in the classes h (Figure 4A). Each point in the variogram represents the sum of all contributions of chemicals to spatial covariance,

weighted over all pairs of samples within the respective distance class, and plotted as mean of distance between pairs.

The total variance showed a strong increase with the distance and the spatial autocorrelation in three classes was statistically significant, which violates the assumption of stationarity along the distance h . When the metabolites are conditioned by the nutrients of seed (Cu^{2+} , Mn^{2+}) and soil (Mn^{2+}), the eigenvalues of the RDA are partitioned into the classes (Figure 4B).

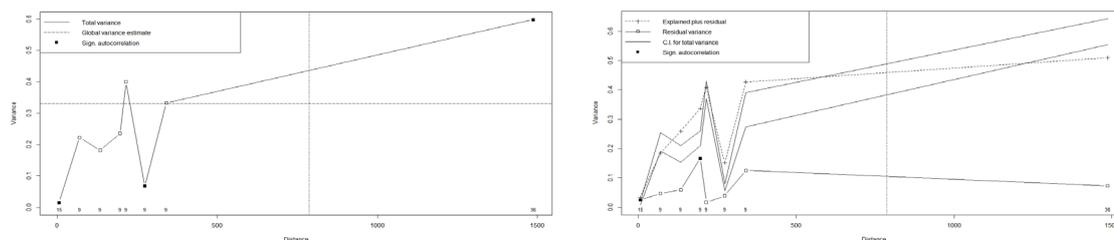


Figure 4. Multivariate variogram of the total variance of (A) seed metabolites (response matrix) and (B) metabolites explained by seed and soil nutrients.

The residual variance showed spatial autocorrelation in the lowest (distance < 5.6 m) and fourth classes (195.6 m). Among these classes and above the latter, RDA residues were spatially independent. Moreover, when the correlations between the RDA matrices do not vary with the scale, the sum of the explained variance and the residual remains within the envelope (5% probability). In the Figure 4B all classes go beyond the envelope, except for the fifth class, and it cannot be assumed that the metabolites are implicitly scale-invariant. In an attempt to control this regionalization of variables caused by spatial autocorrelation, MSO was performed with the introduction of MEMs into the set of explanatory variables initially formed by nutrients (Figure 5A). The results showed that the model controlled the regional spatial scale, although there is a significant spatial autocorrelation in the residuals at short distances (5.6 m), in addition to exceeding the envelope in the first and sixth (273.1 m) classes. An explanation for the short spatial autocorrelation, captured by the pRDA (fraction [d], Table 3), would be the genotypic similarity between neighboring trees, which could create a spatial structure regardless of environmental conditions (COVELO et al., 2011). This situation is possible because autocorrelation on a fine scale is strongly associated with phenotypic characteristics of individuals (ANDREW et al., 2007). Finally, the RDA was carried out with the explanatory variables of nutrients, now controlled by the spatial structure, using the MEM as covariables. Figure 5B shows that the MEM controlled the problem of scale dependence, so that the model was adequate for the nutritional variables of the seed and soil.

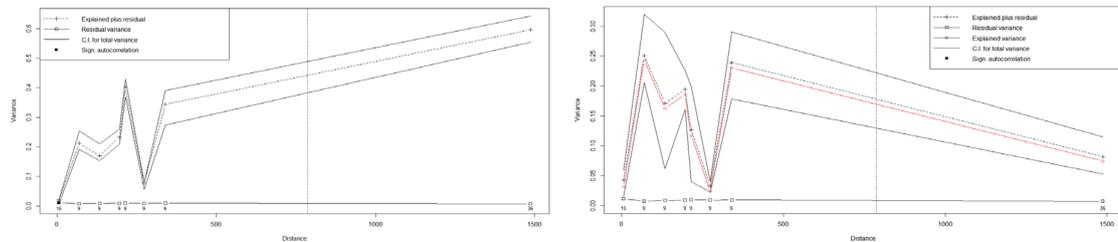


Figure 5. Multivariate variogram of metabolites explained by (A) seed and soil nutrients, and MEM an (B) after removal of spatial structure explained by MEM.

In the multivariate variogram there is no spatial autocorrelation in the regression residuals (RDA), and the explained plus residual variance, after elimination of the spatial structure by the MEM, remains within the confidence interval of total variance throughout the scale, including first and sixth classes. In addition, MEM also removed the trend of total variance gradient in the present metabolites, resulting in an expected globally oscillating empirical variogram. Thus, MEM variables were able to control the spatial variance in the metabolites of jabuticaba seeds, not explained by the predictive variables represented by the nutrients of seed and soil.

4 | CONCLUSIONS

The concentration of nutrients in plant tissues reflects both genotypic and phenotypic variation and environmental availability may increase the concentration within the individual, especially when another nutrient becomes limiting. In this study, a significant spatial correlation between nutrients of jabuticaba seeds to different soils were observed, suggesting a phenotypic response to the environmental sources these nutrients.

Several processes can create the same pattern of spatial structure, such that only their identification is insufficient to elucidate the mechanism that generates variability in space. The MEM not only allowed the modeling of spatial variability of seed metabolites, but also identified scales at short or long distances, and confirmed that chemovariations were not only invariant, but according to assumptions of stationarity and independence of residues.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank the Scientific and Technological Development Council (CNPq) for the financial assistance (# 401188-2016-7) and Jabuticabal Winery.

REFERENCES

- ALI, I. B. E. H. et al. Variation of the chemical composition of essential oils in Tunisian populations of *Thymus algeriensis* Boiss. et Reut. (Lamiaceae) and implication for conservation. **Chemistry & Biodiversity**, v. 7, p. 1276-1289, 2010.
- BALUJA, J. et al. Spatio-temporal dynamics of grape anthocyanin accumulation in a Tempranillo vineyard monitored by proximal sensing. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 18, p. 173-182, 2012.
- COVELO, F. et al. Temporal changes in the spatial pattern of leaf traits in a *Quercus robur* population. **Annals of Forest Science**, v. 68, p. 453-460, 2011.
- DRAY, S. et al. Spatial modelling: a comprehensive framework for principal coordinate analysis of neighbour matrices (PCNM). **Ecological Modelling**, v. 196, p. 483-493, 2006.
- JURGENS, A. et al. Chemical composition of leaf volatiles in *Macaranga* species (Euphorbiaceae) and their potential roles as olfactory cues in host-localization of foundress queens of specific ant partners. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 34, p. 97-113, 2006.
- LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical ecology**, 3th ed. Elsevier: Amsterdam, 2012.
- MIEHE-STEIER, A. et al. Light and nutrient dependent responses in secondary metabolites of *Plantago lanceolata* offspring are due to phenotypic plasticity in experimental grasslands. **Plos One**, v. 10, e0136073, 2015.
- PEREIRA, L. C. et al. Polyphenol and ellagitannin constituents of jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*) and chemical variability at different stages of fruit development. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v. 65, p. 1209-1219, 2017.
- SANTOS, G. A. et al. Quimiovariações em cascas e sementes de jaboticabas em função dos nutrientes do solo de cultivo dos frutos. In TULLIO, L. (Org.) **Características dos solos e sua interação com as plantas**. Atena: Ponta Grossa, Cap. 10, p. 88-102, 2019.
- VILELA, E. C. et al. Spatial chemometric analyses of essential oil variability in *Eugenia dysenterica*. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 24, p. 873-879, 2013.
- WAGNER, H. H. Direct multi-scale ordination with canonical correspondence analysis. **Ecology**, v. 85, p. 342-351, 2004.
- ZAOUALI, Y.; BOUSSAID, M. Isozyme markers and volatiles in Tunisian *Rosmarinus officinalis* L. (Lamiaceae): A comparative analysis of population structure. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 36, p. 11-21, 2008.

O ENSINO DE MATEMÁTICA POR MEIO DA LINGUAGEM TEATRAL

Fabiana Gerusa Leindeker da Silva

IFRS – Instituto Federal do Rio Grande do Sul
(Campus Osório)

Tamires Bon Vieira

IFRS – Instituto Federal do Rio Grande do Sul
(Campus Osório)

Monalisa da Silva

IFRS – Instituto Federal do Rio Grande do Sul
(Campus Osório)

Leonardo Geziel de Matos Dada

IFRS – Instituto Federal do Rio Grande do Sul
(Campus Osório)

Carla Daniela Guasseli da Silva Engel

IFRS – Instituto Federal do Rio Grande do Sul
(Campus Osório)

RESUMO: Este trabalho refere-se à prática que objetivou proporcionar retomada de conteúdos matemáticos por meio da elaboração e apresentação de uma peça teatral com fantoches. A ação foi desenvolvida para estudantes do sexto ano do Ensino Fundamental de uma Escola Estadual do Município de Osório, Rio Grande do Sul. Tal projeto foi desenvolvido por bolsistas do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência - PIBID, acadêmicos do Curso de Licenciatura em Matemática do IFRS - Campus Osório. Após definição do conteúdo a ser abordado e pesquisas acerca do tema Teatro no Ensino de Matemática,

deu-se início à construção do enredo. Após a conclusão do texto, ocorreu a confecção dos fantoches e do cenário. Nos diálogos do esquete há Linguagem Matemática em um contexto do cotidiano dos educandos. Durante o espetáculo, conceitos matemáticos abordados sobre frações foram reconhecidos pelos estudantes espectadores que responderam corretamente aos pedidos de ajuda realizados pelos personagens em interações com a plateia. Após o encerramento do teatro foram desenvolvidas algumas atividades envolvendo frações e questionamentos relacionados a diálogos da peça apresentada. Com base na análise dessas atividades, no envolvimento dos educandos e depoimento dos professores da escola, foi possível identificar a ação como positiva.

PALAVRAS-CHAVE: Teatro. Frações Equivalentes. Linguagem. Matemática. PIBID.

THE TEACHING OF MATHEMATICS THROUGH THE THEATER LANGUAGE

ABSTRACT: This work refers to the practice that aimed to provide resumption of mathematical contents through the elaboration and presentation of a theatrical play with puppets. The project was developed for students of the sixth grade of Elementary School of a State

School of the Municipality of Osório, Rio Grande do Sul. This project was developed by scholars of the Institutional Program of Initiatives for Teaching - PIBID, undergraduate Mathematics of the IFRS - Campus Osório. After defining the content to be approached and research on the theme Theater in Mathematics Teaching, the plot began. After the text was completed, the puppets and scenery were made. In the dialogues of the skit there is Mathematical Language in a context of the everyday of the students. During the show, mathematical concepts approached about fractions were recognized by the viewer students who responded correctly to requests for help performed by the characters in interactions with the audience. After the closing of the theater were developed some activities involving fractions and questions related to dialogues of the presented piece. Based on the analysis of these activities, on the involvement of the students and testimony of the teachers of the school, it was possible to identify the action as positive.

KEYWORDS: Theater. Equivalent Fractions. Language. Mathematics. PIBID

1 | INTRODUÇÃO

O relato de experiência apresentado neste trabalho é resultado de uma atividade proporcionada pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência - PIBID, que foi desenvolvida por um grupo de acadêmicos do curso de Licenciatura em Matemática do IFRS - Campus Osório.

Na reunião inicial realizada no programa PIBID, com a presença de todos integrantes, foi exposta pela coordenadora a ideia de apresentar um teatro de fantoches como primeira ação nas turmas de sexto ano de uma escola estadual na cidade de Osório, município localizado no litoral norte do Rio Grande do Sul.

Para tanto, o supervisor responsável pela escola verificou com o professor regente das turmas que, naquele momento, estava sendo abordado o conteúdo de frações equivalentes. A partir desta informação deu-se início à pesquisa e leitura de livros e artigos científicos que abordassem o teatro no Ensino da Matemática, com a intenção de criar subsídios para a elaboração de uma forma de articular o ensino das frações por meio de uma peça teatral com fantoches.

O principal objetivo da ação foi promover o ensino das frações por meio da Linguagem Matemática presente na peça teatral, aplicável ao cotidiano dos educandos, considerando a importância de utilizar os conceitos matemáticos no dia a dia, assim proporcionando um momento diferente da aula convencional, por meio de um método lúdico e atrativo, com a intensão de despertar o interesse e a participação de todos.

Não se pretende um total apego a esta metodologia, mas que o uso do teatro seja um projeto concomitante com o objetivo de revisar conceitos e incentivar o gosto pela Matemática. Proporcionar atividades teatrais tem efeito positivo na aprendizagem, pois provoca e desperta o interesse dos espectadores, é capaz de

estimular os desanimados e desinibir os tímidos, além de explicar e refletir quanto a Linguagem Matemática presente em situações cotidianas.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

As pesquisas empreendidas, referente ao tema Teatro no Ensino de Matemática, levaram ao entendimento que desde a antiguidade clássica o teatro e a pedagogia andavam juntos. Sem a possibilidade de haver aprendizagens divertidas, nem mesmo o teatro seria capaz de ensinar, pois “o teatro não deixa de ser teatro, mesmo quando é didático; e, desde que seja bom teatro, diverte” (BRECHT, 2005, p.69). Neste contexto, uma peça teatral pode permitir uma aprendizagem prazerosa ao apresentar ou retomar conteúdos de maneira atrativa, tornando o ambiente escolar um espaço onde se deseja estar e participar.

Observamos que a aprendizagem de alguns conceitos matemáticos é mais eficaz quando utilizada uma referência contextualizada e significativa, pois executar os algoritmos das operações mecanicamente não é suficiente, é importante saber como e quando usá-las em situações-problemas. Neste sentido Dante (2009, p.18) descreve que “a oportunidade de usar conceitos e procedimentos matemáticos no dia a dia favorece o desenvolvimento de uma atitude positiva do aluno em relação à Matemática”.

Nas cenas do teatro, ao relacionar o conteúdo de fração com a realidade, busca-se uma aprendizagem significativa. D’ambrosio (2012) reforça a importância desta contextualização, por ser “essencial para qualquer programa de educação de populações [...], se quisermos atingir uma sociedade com equidade e justiça social.”

O teatro pode ser considerado uma metodologia que auxilia o estudante a relacionar a Linguagem Matemática com a Matemática presente no seu cotidiano, desenvolvendo sua autonomia e capacidade de perceber que os conhecimentos são utilizados na vida além do ambiente escolar.

No entanto, para muitos “é difícil enxergar o ensino da Matemática de forma criativa, divertida ou fácil”. Ao contrário, muitos “vêm a Matemática como uma ciência difícil” (VARGAS, 2007, p.1) e que não pode ser abordada num outro contexto se não a sala de aula com lousa ou livro.

Será possível ensinar Matemática usando uma peça teatral? Acreditamos que sim, pois o teatro proporciona a discussão e a reflexão de situações contextualizadas, podendo utilizar a Linguagem Matemática nos diálogos representando momentos relacionados ao dia a dia dos educandos. Vargas ratifica informando que o “teatro pode ser um dos caminhos que levam os estudantes ao mundo matemático cheio de vida, de sentimentos e ações, onde consigam se identificar com as situações dos personagens e com o que se pode aprender” (VARGAS, 2007, p.2).

Ademais, nos diálogos criados para o teatro, procurou-se atender ao exposto

nos Parâmetros Curriculares Nacionais quanto ao estudo dos números racionais e sua representação fracionária partindo da exploração de seus significados tais como parte/todo. E, também quanto à ampliação do sentido operacional que se desenvolve simultaneamente com a compreensão dos significados a partir da resolução de situações-problema com números racionais (BRASIL, 1998).

3 | MATERIAIS E MÉTODOS UTILIZADOS

Inicialmente foi realizada uma pesquisa e leitura de materiais científicos que tinham como objetivo o uso do Teatro como ferramenta para o Ensino de Matemática. Dentre os materiais encontrados estava o livro: *Aritmética da Emília*, de Monteiro Lobato. No capítulo XI intitulado “*As Frações*”, Monteiro Lobato explora alguns conceitos deste conteúdo por meio de diálogos entre os personagens. Após a leitura deste livro, a criatividade dos integrantes do projeto foi aguçada e estes partiram para a fase de elaboração do roteiro do teatro que deveria ser, em sua íntegra, original e criado pelos mesmos.

Para elaboração das atividades a serem propostas após a apresentação e do roteiro da peça de teatro, os bolsistas atuaram de forma cooperativa e colaborativa. A escrita se deu com auxílio da plataforma Documentos *Google*¹, na qual os bolsistas produziam o roteiro sem a necessidade de encontros presenciais, visto que a edição é compartilhada em tempo real. Desta maneira, em um mesmo documento *online*, cada um poderia criar roteiros e diálogos, sugerir alterações e tecer comentários, nos demais textos elaborados por seus pares. Por consequência, destinavam o tempo para a confecção do futuro espetáculo, sempre que fosse possível.

Enquanto se dava a escrita do enredo, os integrantes do projeto também pesquisaram métodos para a confecção dos fantoches que seriam utilizados no esquete, adicionando modelos e vídeos tutoriais a uma pasta compartilhada no *Google Drive*². A ideia de usar fantoches se deu por diversos motivos, tais como, dificuldade em decorar as falas; possível rodízio de atores para o mesmo personagem; possibilidade de variação do local de apresentação do teatro, podendo este ser montado em uma sala de aula sem perda de qualidade do cenário; e a atratividade lúdica dos fantoches.

Foram realizados dois encontros presenciais, com duração de 4 horas cada um, com a participação de todos os bolsistas, para que se desse a leitura coletiva dos diálogos sugeridos para a peça. A partir desta leitura, foi efetuada a reformulação, aceitando e/ou reescrevendo o texto, para a composição do roteiro final, incluindo os possíveis cenários e personagens do teatro. O texto final contendo o enredo, conta com a participação de seis personagens.

Cada integrante do projeto confeccionou e personalizou seu próprio fantoche.

1. Mais informações acesse <https://www.google.com/intl/pt-BR/docs/about/>

2. Mais informações acesse <https://drive.google.com/drive>

Houve consenso que a diversidade deveria estar evidente nos bonecos, assim ficou decidido pintar de diferentes cores as espumas que dariam vida aos fantoches. Assim, foram realizados testes para encontrar a tintura que possibilitasse o melhor tingimento e iniciou-se a confecção dos fantoches usando um dos modelos encontrados. Os materiais utilizados na confecção foram: espumas de dois centímetros de espessura, cola de sapateiro, tecidos, tintas, lã, papelão, folhas em EVA e olhos para bonecos.

Nas pesquisas realizadas sobre a fabricação da cabine de apresentação dos fantoches, foram encontradas algumas possibilidades, porém todas apresentavam alguma dificuldade.

Se feita em madeira, seria necessária a contratação de mão de obra especializada para confecção, ainda assim, ficaria “pesada” e de difícil transporte. Se feita em papelão, as dimensões seriam reduzidas, visto que seria difícil manter a estrutura estável com o movimento dos atores e trocas de cenário durante as apresentações. Além disso, mesmo que dispuséssemos de um espaço especial para armazenar e conservar, o papelão, por ser frágil, seria danificado durante o transporte e montagem.

Para resolver os problemas elencados, os bolsistas, junto à coordenadora, projetaram a estrutura de uma cabine idealizada com canos e conexões em PVC. Um material leve, resistente, que pode ser montado e desmontado rapidamente e quantas vezes forem necessárias, além de fácil armazenamento. Para as laterais da cabine, foi empregado tecido preto de baixo custo, mas que cumpria sua funcionalidade de esconder os atores. O cenário composto por um ônibus escolar e a casa da vovó, janela e telhado, foi desenvolvido com tecidos, papel paraná, folhas em EVA e materiais reciclados.

O Teatro foi denominado “Frações em toda a parte” e conta com seis personagens: Aninha e João, crianças que estão estudando as frações; Valdomiro, motorista do ônibus escolar; Quitéria, frentista do posto de combustíveis; e, por fim, a Vovó e o Vovô das crianças.

Os próximos passos destinaram-se a determinar o personagem que cada bolsista representaria, as funções dos demais e o fantoche escolhido para cada personagem. Após essa divisão, deu-se início aos ensaios e, durante estes, alguns retoques foram necessários. Verificou-se, por exemplo, a necessidade da criação de placas interativas, que seriam exibidas durante a apresentação, para que os espectadores pudessem associar a Linguagem Matemática presente nos diálogos com a Linguagem Matemática representada na escrita das frações, facilitando o processo de fixação da aprendizagem.

Os bolsistas foram orientados a treinar com seus fantoches em frente ao espelho, trabalhando o movimento da boca. Com os ensaios, foram acostumando-se a manipular corretamente os bonecos e projetar a voz com volume e uma boa dicção para possibilitar a plateia acompanhar devidamente a encenação. Verificou-se que o tempo de duração do espetáculo seria em torno de trinta minutos.

Na apresentação da peça, o cenário inicial é um ônibus escolar com os passageiros Aninha e João, que retornam da escola para a casa da vovó e, com o motorista, Valdomiro, que se fez presente durante parte da peça, enquanto o ônibus compunha o cenário. Durante o percurso, as crianças conversam sobre a aula de matemática que tiveram mais cedo. Nesta aula a professora inseriu o conteúdo de frações dividindo uma barra de chocolate entre os 20 alunos da sala. Os personagens dialogam e seguidamente interagem com o público, solicitando ajuda para efetuar alguns cálculos.

Aninha explica para João que a professora dividiu o chocolate em 20 quadradinhos iguais, pois havia 20 alunos na sala e cada um comeu exatamente uma fração do chocolate representada por um vinte avos e complementa, informando que o 1, numerador, representa a parte que coube a cada colega e o 20, denominador, representa o chocolate todo. João percebe o motivo de não sobrar nenhum quadradinho de chocolate: *João - Ah! Então foi por isso que não sobrou nenhum quadradinho de chocolate. Comemos todinho!* Com essa fala, pretendia-se mostrar ao público que se cada um dos 20 alunos comeu $1/20$ de chocolate, não sobrou nada, pois a soma de todas essas partes dá $20/20$, ou seja, 1 inteiro.

Com a intenção de salientar que as frações não servem apenas para representar partes de chocolate e também conectar os diálogos com a próxima cena, João diz que não precisa das frações, pois não gosta de dividir chocolate. Aninha relembra outros exemplos utilizados pela professora. Nisso os fantoches projetam, levemente, o corpo para frente, simulando a parada do ônibus e o motorista informa: *Valdomiro - Vou abastecer, pois o tanque está com apenas $1/4$ de combustível.* Com este diálogo, João percebe que o motorista, que não está na escola, também faz uso de frações.

O enredo segue com o intuito de abordar a fração de um número e as frações equivalentes: ao ser questionado por João e Aninha, Valdomiro informa que a capacidade do tanque de combustível do ônibus é 200 litros. Neste momento, há interação com a plateia para encontrar a porção, em litros, que havia no tanque antes do abastecimento e a porção em litros que foi colocada para completar a capacidade total do tanque. Inicia-se uma discussão sobre a representação das relações partindo da exploração de seus significados parte/todo: litros de combustível no tanque/capacidade do tanque ($50/200$). Baseando-se nisso, João contesta, pois Valdomiro informou que havia $1/4$ de combustível e a fração encontrada a partir da representação parte/todo é diferente, isto é, $50/200$ de combustível. Aninha interage com os espectadores pedindo auxílio para encontrar as frações equivalentes simplificando a fração $50/200$, concluindo então que $1/4$ representa a mesma parte do todo que $50/200$.

Todas as cenas foram pensadas com um propósito. Neste caso, os símbolos e a Linguagem Matemática são empregados para representar números por meio de uma situação prática, a relação entre a quantidade de combustível no tanque do ônibus e sua capacidade total, tendo este número, múltiplas representações.

Para a próxima cena, dois bolsistas auxiliam na retirada do cenário ônibus e a casa da vovó, janela e o telhado, fica visível ao público. Aninha, João e a vovó surgem na janela e iniciam um diálogo sobre uma receita que a vovó não estava entendendo, pois a quantidade de cada ingrediente da receita estava indicada em forma de fração. João comenta: *João - Até a vovó precisa estudar as frações, é verdade o que a professora falou, a Matemática está em toda a parte.*

Os netos explicam à Vovó sobre a quantidade que cada fração da receita representa e saem de cena com a chegada do Vovô. Há um momento de descontração na peça com o diálogo entre a vovó e o vovô que trocam “piadinhas”. Para encerrar, a Vovó chama os netos e entrega uma lista de ingredientes que devem ser comprados. Aninha exclama - *Vovó! Que lista grande e ela 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 $\frac{1}{4}$ do troco.*

Nesse momento, os personagens pedem ajuda aos estudantes espectadores para realizar as compras da Vovó e encontrar o valor que ganharão, despedem-se, agradecem a ajuda obtida durante a encenação e encerram a peça.



Fotos dos processos de elaboração, ensaio e execução do Teatro.

Após a apresentação do esquete, para realizar a tarefa de ajudar os personagens, os alunos do 6º ano receberam as seguintes informações: a lista de itens a serem comprados, feita pela vovó; o preço dos itens na Loja da Dona Chica; o valor que o vovô destinou para as compras e uma lista com as atividades.

A lista de atividades tinha o objetivo de encontrar quanto cada personagem ganharia da vovó. Esta foi elaborada previamente e dividida em seis etapas. São elas: 1. Representar com figura cada fração descrita na lista da vovó; 2. Calcular o valor a ser pago por cada item referente às quantidades solicitadas pela vovó; 3. Encontrar o total das compras; 4. Obter o saldo, valor que Dona Chica deve devolver aos personagens; 5. Determinar a quarta parte do saldo, valor que cada personagem

ganharia da vovó; e, por fim 6. Breve questionário sobre a peça.

A tarefa abordava questões de interpretação e cálculo utilizando frações e teve duração de uma hora. Todos os educandos participaram ativamente e com entusiasmo. Motivados pelos diálogos finais do esquete queriam resolver os problemas propostos e ajudar Aninha e João a concluir a compra e descobrir o valor que cada um ganharia da vovó. Aqueles que precisavam de ajuda eram auxiliados pelos bolsistas.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta ação, no formato de teatro de fantoches, proporcionada pelo PIBID, possibilitou uma aula atrativa e dinâmica aos estudantes do sexto ano. Quando solicitados, os alunos participaram e interagiram com os personagens durante o espetáculo, refletindo e construindo o raciocínio matemático envolvido. Ademais, foi oportuna aos acadêmicos do Curso de Licenciatura em Matemática do IFRS - *Campus Osório*, pois estes tiveram a oportunidade de elaborar e participar de uma experiência metodológica e prática docente buscando a superação de problemas no processo de ensino e aprendizagem e elevando a qualidade da sua formação inicial.

A atividade realizada após a apresentação teatral foi surpreendente superando as expectativas de todos. Os estudantes receberam auxílio dos bolsistas que atuaram como mediadores, facilitando o processo de obtenção do conhecimento. O professor regente das turmas e o supervisor da escola relataram que os estudantes participaram mais ativamente da atividade, do que das aulas escolares de Matemática, corroborando com a afirmação que com a atividade lúdica pode-se despertar a curiosidade e o interesse do aluno e contribuir na sua aprendizagem.

Na análise das atividades e questionários aplicados, verificou-se que os educandos associaram os conteúdos abordados em sala de aula com a fala dos personagens, observaram a Matemática sendo aplicada no cotidiano, vivenciaram dinamicamente os conteúdos que foram propostos e interiorizaram os conceitos e os significados envolvidos na Linguagem Matemática de forma mais abrangente.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante o processo de pesquisa e elaboração do teatro, houve uma insegurança, tendo em vista a proposta de caráter inovador para o grupo. Estava presente o medo de que os estudantes achassem uma “bobeira” e que não daria certo, pois unir o ensino de Matemática ao Teatro parecia um desafio difícil de ser concluído. A busca por referencial teórico, realizada para sustentar esta experiência, ajudou para que se mantivesse o trabalho, pois foi verificado que o ensino e aprendizagem ocorrem de maneira satisfatória em ambiente além da sala de aula; que o teatro pode ser usado

como recurso didático no ensino; que o uso da atividade teatral pode desenvolver um processo pedagógico facilitador na construção de conceitos, metodologias e linguagens; e ainda, que o teatro permite uma aprendizagem significativa de forma prazerosa.

Baseando-se nesses pressupostos, o enredo da peça foi preparado com o objetivo de retomar os conceitos envolvendo a Linguagem Matemática no uso das frações, mas ao mesmo tempo divertir o espectador e desta forma, instigar aqueles que não gostam de Matemática a se interessar pela disciplina.

Após a apresentação do teatro, os resultados parciais constatados por meio da análise dos materiais aplicados ao final da peça com os estudantes, análise das declarações dos professores da escola, que assistiram ao espetáculo, e análise dos relatos dos integrantes do projeto, demonstraram que o espetáculo alcançou os objetivos. Estes foram: a atenção, reflexão e raciocínio matemático dos educandos através da interação onde respondiam corretamente às perguntas feitas pelos personagens ao longo do enredo; a compreensão da importância dos conceitos matemáticos e da linguagem matemática presente no dia a dia; e o interesse dos estudantes em realizar as atividades que foram propostas após o teatro.

Tendo em vista a potencialidade desta ação que articula o Ensino de Matemática e sua Linguagem por meio do teatro, deu-se início, na semana seguinte ao espetáculo, o trabalho de melhoria e a produção de novos roteiros para futuras apresentações. Além disso, os integrantes do projeto aceitaram o convite feito pela Secretaria Municipal da Educação de Osório para apresentar o teatro na Feira do Livro do município e em escolas da região, desejando assim colaborar para a melhor utilização do teatro como recurso didático e auxiliar professores e estudantes no ensino e aprendizagem da matemática.

REFERÊNCIAS

BRASIL, Secretaria De Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: matemática**. Brasília: MEC/SEF, 1997.

BRECHT, Bertold. **Estudos sobre teatro**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira. 2005.

DANTE, Luiz Roberto. **Formulação e resolução de problemas de matemática: Teoria e prática**. 1 ed. São Paulo: Ática, 2009.

D'AMBROSIO, Ubiratan. **Educação Matemática: da teoria à prática**. 23 ed. Campinas, SP: Papyrus, 2012

LOBATO, M. **Aritmética da Emília**. 28.ed. Ilustr. Manoel V. Filho. São Paulo: Brasiliense, 1994.

SILVEIRA, E.; MARQUES, C. **Matemática: compreensão e prática**. São Paulo: Moderna, 2008.

VARGAS, M. A.; GUTIÉRREZ, G. C.; ALFARO, Y. R.; “**El teatro como herramienta metodológica em la Enseñanza de la Matemática**”. Anais do V Congresso sobre Enseñanza de la Matemática. Costa Rica, 2007.

O ESTUDO DE PIRÂMIDES COM A UTILIZAÇÃO DO “VOLPIR”

Renato Darcio Noletto Silva

Instituto Federal do Maranhão/SEDUCMA

São João dos Patos-MA

Cynthia Cunha Maradei Pereira

Universidade do Estado do Pará

Belém-PA

Fábio José da Costa Alves

Universidade do Estado do Pará

Belém-PA

RESUMO: Este artigo apresenta resultados obtidos a partir de uma proposta para o Ensino de com a criação de aplicativos para smartphones no sistema *Android* com o *App Inventor 2*. Tem como foco o desenvolvimento de habilidades para resolver situação-problema que envolva conhecimentos geométricos do espaço e forma, especificamente no cálculo do volume de Pirâmides utilizando tecnologias. Objetiva analisar os resultados de uma sequência didática a partir do Modelo de Van Hiele utilizando para isso a criação de uma calculadora de volumes. Como metodologia de pesquisa foi adotada uma revisão de estudos, questionários socioeconômicos e a Plataforma *App Inventor 2* para a construção de um aplicativo por alunos do 3º ano do Ensino Médio no nível 3 do Modelo de Van Hiele. Como resultados, apresentamos o aplicativo criado e

suas relações com a qualidade da solução das questões propostas.

PALAVRAS-CHAVE: Aplicativos; Pirâmides; Volume; Ensino; Calculadora.

THE PYRAMIDS STUDY WITH THE USE OF “VOLPIR”

ABSTRACT: This paper presents results obtained from a proposal for Teaching Pyramids from the creation of mobile applications for the Android system in App Inventor 2. It focuses on the development of problem-solving skills that involves geometric knowledge of the space and shape, specifically in calculating the volume of pyramids using technologies. It aims to analyze the results of a didactic sequence from the Van Hiele Model using the creation of a volume calculator. As a research methodology, a study Review, socioeconomic questionnaires and the App Inventor 2 Platform were used to construct an application by 3rd year high school students at level 3 of the Van Hiele Model. As results, we present the application created and its relations with the quality of the solution of the proposed questions.

KEYWORDS: Applications; Pyramids; Volume; Teaching; Calculator.

1 | INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta os resultados obtidos a partir de um experimento de uma proposta voltada para o cálculo de volume de Pirâmides de bases poligonais regulares, com a criação de um aplicativo no App Inventor 2. A construção do aplicativo “Volpir” serviu como atividade prática para o desenvolvimento de habilidades para resolver situação-problema que envolva conhecimentos geométricos no cálculo do volume de Pirâmides.

A escolha do tema baseia-se no interesse por criar propostas no ensino de Geometria espacial, fruto de observações das dificuldades apresentadas por alunos do Ensino Médio na resolução questões de atividades sobre o tema, feitas ao longo de quinze anos como docente em escolas da rede pública de ensino no Maranhão acrescidas de estudos desenvolvidos no curso de Mestrado Profissional em Ensino de Matemática na Universidade Estadual do Pará durante o ano de 2017. Aplicamos um questionário em que constatou-se que 72% dos alunos que respem querem não lembram de ter estudado o objeto da pesquisa, o 5% julgaram achar o conteúdo estudado difícil, 14% indicaram achar muito difícil e a soma de regular, fácil e muito fácil não passou de 9%. Tal perfil opinativo revela que os estudantes não possuem segurança de conhecimento sobre o assunto estudado, o que evidencia os resultados produzidos.

Acreditamos que o conjunto de dados coletados, indica que possivelmente, estes alunos encontrem dificuldades em resolver questões clássicas do tema, como cálculo de áreas, volume e dimensões da Pirâmide através de relações entre seus elementos. A amostra, constituída de 30 (trinta) questões aponta que 94,7% respem querem que o professor nunca ou raramente propôs atividade que utilizou-se qualquer tipo de tecnologia digital; 54,7% dizem que há proibição do professor/escola para o uso de smartphone em sala de aula sendo que 91,6% possuem smartphone; 88,4% utilizam smartphone fora da escola; 16,8% utilizam o smartphone mais de 6 horas por dia; 51,6% não possuem computador ou notebook em casa e também não utilizam na escola; e; 76,8% dão nota de 8 (oito) a 10 (dez) para aulas propostas com o uso de tecnologias.

É fato que o ensino de geometria constitui parte importante do currículo matemático escolar, os Parâmetros Curriculares Nacionais + (BRASIL, 2002) afirmam que para desenvolver o raciocínio geométrico de forma mais completa,

a escola deve contemplar o estudo de propriedades de posições relativas de objetos geométricos; relações entre figuras espaciais e planas em sólidos geométricos com diferentes características; propriedades de congruência e semelhança de figuras planas e espaciais; análise de diferentes representações das figuras planas e espaciais, tais como desenho, planificações e construções com instrumentos de medida e construção. (BRASIL, 2002, p. 120)

Com base nisso, acrescenta-se que o tema não deverá ser trabalhado de maneira isolada dos fatores naturais e sociais, do crescente meio tecnológico e de

sua utilização para resolver diversas situações do dia a dia, além de que em muitas escolas de educação básica, o ensino de geometria baseia-se metodologicamente na memorização de fórmulas e resolução de exercícios com questões que exija resoluções mecânicas, no entanto, muitas discussões acerca do ensino de Matemática, nas últimas décadas tem impulsionado reflexões e contribuído para a adequação do currículo matemático para as novas tendências sociais, dentre elas, a resolução de problemas com o Movimento da Matemática moderna nos anos 80, no relatório apresentado no *National Council of teachers of Mathematics*. - NCTM.

Em seguida, especificamente no ano de 1988, o *The National Council of Supervisors of Mathematics*- NCMS, apresentou o ensino de geometria como uma das doze áreas de competências necessárias para o desenvolvimento dos alunos para que se tornem “alunos responsáveis do século XXI” (LORENZATO e VILLA, 1993). Outros documentos nacionais destacam a importância do ensino de geometria, a exemplo os Parâmetros Curriculares Nacionais (1997) e as Matrizes para a elaboração da Prova Brasil (2011), que subdividiram o currículo da Educação Básica em quatro eixos, dentre eles o estudo de espaço e forma, estabelecendo, os descritores para a avaliações de proficiência no final de cada ciclo, e, por último, as matrizes para a elaboração de itens do Exame Nacional do Ensino Médio (2009) que descrevem em competências e habilidades a serem aprendidas pelos alunos até o 3º ano do Ensino Médio que contemplam Pirâmides.

2 | A CONSTRUÇÃO DO PENSAMENTO GEOMÉTRICO

A prática no desenvolvimento das aulas de geometria espacial para o professor não tem sido tarefa fácil do ponto de vista do planejamento, da execução e da avaliação. Atualmente tem-se discutido de maneira acentuada o papel da escola em uma realidade que deve ser adequada às novas demandas da sociedade em que o crescente desenvolvimento tecnológico chega ao dia a dia dos alunos, e, realidade distante do que vivenciam na escola.

Nesse sentido, o modelo de desenvolvimento do pensamento geométrico surgiu dos trabalhos de doutoramento do casal Dina Van Hiele-Geodof e Pierre Van Hiele pela Universidade de Utrecht, nos países baixos (LINDQUIST, 1994). O mesmo consiste em cinco níveis de compreensão, segundo Shaughnessy e Burger apud Lindquist (1994): visualização, análise, dedução informal, dedução formal e rigor, porém aqui, destacaremos apenas os quatro primeiros níveis por estarem mais adequados para o ensino médio:

1. *Nível Básico (visualização)*: neste nível, as figuras geométricas são reconhecidas de maneira generalizada a partir de sua forma, sem identificar as suas propriedades de maneira explícita;
2. *Nível 1 (análise)*: neste nível o aluno começa a identificar características e propriedades das figuras. Analisa conceitos, mas não correlaciona figuras e

propriedade entre elas;

3. *Nível 2 (dedução informal)*: neste nível os alunos conseguem estabelecer relações entre figuras e suas propriedades e entre figuras;
4. *Nível 3 (dedução)*: neste nível o aluno estabelece a teoria geométrica e entender o papel de definições, deduções, teoremas e demonstrações.

No modelo, Van Hiele-Geodof apud Lindquist (1994) afirma que o progresso dos níveis depende mais da orientação recebida do que do nível de maturidade do aluno, dessa forma, subdivide cada nível em cinco fases do aprendizado: interrogação/informação, orientação dirigida, explicação, orientação livre e integração, e que a instrução desenvolvida de acordo com essa sequência promove a aquisição de cada um dos níveis.

Ao considerar uma sequência de atividades orientada pelas fases e níveis de Van Hiele o professor estará contribuindo para um processo de ensino sistematizado e não baseado apenas nas sequências de atividade do livro didático. De acordo com Cabral (2017), a tríade: “definição, exemplo e exercícios”, representa a principal sequência didática utilizada por professores de Matemática, segundo os entrevistados. Por outro lado, Villiers (2010) afirma que “o simples fato de saber a definição de um conceito não garante a compreensão do conceito” existindo uma considerável diferença entre a execução de atividades prontamente direcionadas pelos livros didáticos e o olhar crítico docente ao propor tarefas as tarefas em sua sala:

De acordo com a teoria de Van Hiele, a compreensão de definições formais fornecidas por livros se desenvolve apenas no Nível 3, e proporcionar tais definições aos alunos diretamente nos níveis inferiores está fadado ao fracasso. Além disso, se levamos a sério a teoria construtivista de aprendizado (ou seja, de que o conhecimento simplesmente não pode ser transferido diretamente de uma pessoa a outra e que o conhecimento significativo precisa ser (re)construído de maneira ativa pelo aprendiz), os alunos devem estar envolvidos na ação de definir e terem a chance de selecionar suas próprias definições em cada nível. Isso implica em permitir os seguintes possíveis tipos de definições significativas [...]. (VILLIERS, 2010, p. 412)

Dessa maneira, o professor precisa, além de utilizar o livro didático como ferramenta no processo, combinar o ensino com o nível de pensamento geométrico do estudante, além de considerar seus conhecimentos prévios e fazer uso de teoria que parametrize os níveis de pensamento desses estudantes para que este o possibilite garantir a aprendizagem, além de buscar fazer uso adequado de recursos e ferramentas que possam contribuir para um ensino mais efetivo com atividades reflexivas que possibilitem o desenvolvimento da criticidade.

3 | TECNOLOGIAS APLICADAS AO ENSINO DE GEOMETRIA ESPACIAL

Atualmente encontramos diversos recursos tecnológicos, a exemplo podemos citar softwares, aplicativos, sites e plataformas online, voltados para o ensino de

Matemática, sendo a geometria uma das mais exploradas. Estes recursos podem auxiliar o professor no planejamento e execução de suas aulas, o que torna mais conhecidos o Geogebra, o *Sketch Up*, o *Calques 3D*, e dentre outros o *App Inventor 2*, objeto deste trabalho. Importante lembrar que não basta apenas levar computador e *data-show* para a sala de aula, torna-se necessário que o professor torne o computador uma ferramenta pedagógica, propondo atividades que complementem o ensino. Segundo Dullius e Quartieri,

a utilização da tecnologia em sala de aula difere bastante da utilização que dela fazemos no dia a dia. Dessa forma, o planejamento, a colocação de objetivos, a escolha de materiais, a seleção de tarefas, a antecipação de questões, ganham uma dimensão central na prática do professor com recursos tecnológicos. (DULLIUS E QUARTIERI, 2015, P. 13)

Desde o Ensino Fundamental, as tecnologias são apontadas como tendências metodológicas adequadas ao ensino. Segundo os PCN (BRASIL, 1997, p. 6), os alunos deverão ser capazes de “saber utilizar diferentes fontes de informação e recursos tecnológicos para adquirir e construir conhecimentos”. Sob esse aspecto o próprio documento aponta a calculadora como um valioso recurso para a verificação de resultados, correção de erros e auto-avaliação:

Como exemplo de uma situação exploratória e de investigação que se tornaria imprópria sem o uso de calculadora, poder-se-ia imaginar um aluno sendo desafiado a descobrir e a interpretar os resultados que obtém quando divide um número sucessivamente por dois (se começar pelo 1, obterá 0,5; 0,25; 0,125; 0,0625; 0,03125; 0,015625). Usando a calculadora, terá muito mais condições de prestar atenção no que está acontecendo com os resultados e de construir o significado desses números. (BRASIL, 1997, p. 34)

Tomando o mesmo entendimento para a geometria espacial, calcular áreas e volumes a partir de medidas sugeridas às dimensões da Pirâmide deverão se tornar mais ágeis e capazes de serem calculadas e conferidas num processo de autoavaliação, para isso, podemos ir além da calculadora e fazer uso do *smartphone*, ou melhor, criar a nossa própria calculadora para o *smartphone*, pois segundo os PCNEM,

o estudo da *Geometria* deve possibilitar aos alunos o desenvolvimento da capacidade de resolver problemas práticos do cotidiano [...] reconhecer propriedades de formas geométricas básicas, saber usar diferentes unidades de medida [...] de apreciar a faceta da Matemática que trata de teoremas e argumentações dedutivas. [...] para o cálculo de comprimentos, áreas e volumes. (BRASIL, 2008, p. 76).

Assim, a utilização de ferramentas que permitam o aluno desenvolver as habilidades necessárias, de acordo com os PCNEM (BRASIL, 2008), fazer uso de tecnologias permite que a Matemática seja utilizada como ferramenta para entender a tecnologia, e a tecnologia como ferramenta para entender a Matemática. Nessa perspectiva, o *App inventor 2* se destaca.

4 | METODOLOGIA

Para o desenvolvimento dessa pesquisa foi realizada uma revisão de estudos de cunho descritivo e exploratório sobre os estudos de Van Hiele com base no método de abordagem experimental, que segundo Gil (2008, p.16) sugere a submissão de “objetos de estudo à influência de certas variáveis, em condições controladas e conhecidas pelo investigador, para observar os resultados que a variável produz no objeto”. Para as análises a intenção baseada na opinião dos entrevistados, aplicou-se um questionário sócio econômico a 95 estudantes do 3º ano do Ensino Médio de escolas públicas estaduais jurisdicionadas à Unidade Regional de Educação de São João dos Patos- MA, localizadas no Médio Sertão Maranhense, durante o mês de junho de 2017. O instrumento continha questões fechadas, referentes ao perfil discente (idade, sexo, escolaridade dos responsáveis, hábitos de estudos e afinidade com a Matemática e com tecnologias digitais, etc.); à prática pedagógica no ensino de Pirâmides percebidas pelos alunos; e, ao grau de dificuldade quanto ao aprendizado deste conteúdo. A experimentação ocorreu na oferta de um minicurso visando a criação de um aplicativo matemático. Foram propostas questões a 12 (doze) alunos, e destes, 8 (oito) são de ensino médio do curso técnico integrado de redes de computadores, e 4 (quatro) do curso de Licenciatura em Matemática do Instituto Federal do Maranhão Campus São João dos Patos, relacionadas ao cálculo de áreas e volumes das Pirâmides.

Dessa maneira, descrevemos no quadro abaixo as etapas das fases de desenvolvimento da sequência didática proposta:

Fase	Descrição	Exemplo
Interrogação/ descrição	Momento inicial em que professor e alunos abordaram o tema de maneira informal através de diálogo e desenvolvem atividades que levam em conta o conteúdo e o nível, com o propósito de diagnosticar os conhecimentos prévios dos alunos, além de introduzir ao processo as nomenclaturas peculiares ao nível de acordo com Hoffer apud Lindquist (1994)	O professor questionou aos alunos sobre perguntas como: o que é uma Pirâmide? Todas as Pirâmides são iguais? Que elementos podemos considerar na Pirâmide? De que maneira podemos distinguir as diferentes Pirâmides? Que influências as bases terão para o cálculo do volume da Pirâmide? O que é preciso considerar na Pirâmide para calcular a área da base? E o volume?
Orientação dirigida	O professor orientou os alunos a desenvolver atividades ordenadas em sequência revelando gradualmente estruturas características do nível desenvolvendo pequenas tarefas com o objetivo de alcançar objetivos específicos.	(a) O alunos construíram uma Pirâmide com cada base regular diferente com canudos. (b) Identificaram elementos da Pirâmide com o auxílio de fichas de atividades. (c) foi proposto a construção de Pirâmides no papel com o uso de régua e em seguida efetuar o levantamento de relações entre elementos, bem como sua planificação; (d) pesquisa e lista de fórmulas para cálculo de área e volume;

Explicação	Nesta fase, o papel do professor se tornou mínimo, os alunos trocam experiências sobre as estruturas construídas e observadas, ficará também evidente o sistema de relações de níveis pois o diálogo estabelecido será feito com base em experiências anteriores.	(a) os alunos discutiram quais são os elementos indispensáveis que aparecem nas fórmulas, capazes de garantir o cálculo da área da base e do volume da Pirâmide; (b) estudaram as fórmulas da área da base e do volume das Pirâmides;
Orientação Livre	As tarefas propostas pelo professor ganharam maior complexidade, mais passos e outras formas de resolução possibilitando ao aluno a resolução de problemas de diversas maneiras. Foi nessa fase que construímos do nosso aplicativo.	(a) Resolveram questões contemplando a área da base e o volume das Pirâmides regulares; (b) Foram propostas duas questões de demonstração e relação entre fórmulas para o cálculo do volume de uma Pirâmide a partir da medida do lado; (c) construção de um aplicativo com o App Inventor 2 (Volpir).
Integração	Revisão e sumarização, pelos alunos, de todas as atividades desenvolvidas objetivando de revisar o estudado e formar uma visão geral dos novos objetos e relações. O professor auxiliou na síntese.	(a) socialização dos aplicativos desenvolvidos pelos alunos, ainda que possuam os mesmos recursos, observar a criatividade e a aplicação de cada um.

Quadro 1- Atividades no minicurso de acordo com as fases no nível 3 de Van Hiele

Fonte: Autor (2017)

O minicurso foi organizado em encontros de 4 (quatro) horas, totalizando 40 (quarenta) horas de atividades presenciais e a distância. As 12 (doze) primeiras horas foram destinadas a orientações gerais de construção de um aplicativo matemático (calculadora), seguido do direcionamento para o aplicativo proposto no contexto de ensino.

5 | O APP INVENTOR 2

É uma aplicação de código aberto *open source* - modelo de desenvolvimento que promove o licenciamento livre para o design ou esquematização de um produto, e a redistribuição universal desse design ou esquema, dando a possibilidade para que qualquer um consulte, examine ou modifique o produto. Inicialmente criada pela google e mantida atualmente pelo *Massachusetts Institute of Thecnology*. A plataforma disponibiliza acesso a iniciantes de programação, em diversos idiomas inclusive o português, permitindo desenvolver pequenos aplicativos para *smartphones* e *tablets* no Sistema Operacional *Android*. Assim, professores e alunos podem criar aplicativos diversos para um mesmo conteúdo ou para conteúdos diferentes, de maneira a considerar os processos didáticos para sua construção, complementados pela validação de resultados de problemas propostos em exercícios e atividades.

6 | O APLICATIVO

Batizado de “Volpir” (volume+Pirâmide), o aplicativo é utilizado para o cálculo do volume de Pirâmides de bases regulares. No processo de construção, o professor assume o papel de mediador. Para a construção, os alunos foram conduzidos ao

laboratório de informática com internet em que a partir de uma conta de e-mail google pode-se acessar a plataforma <http://ai2.appinventor.mit.edu>.

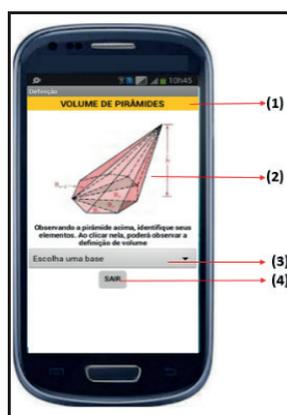


Figura 1: Tela inicial do Volpir

Fonte: Autor (2017)

O processo de construção do aplicativo consistiu em duas fases: o “*Design*” (aparência da tela) e a programação em blocos. Sua construção requereu a princípio um planejamento sobre a funcionalidade de cada tela e a funcionalidade de cada elemento da tela. Assim, a primeira tela (Fig 1) permite visualizar uma demonstração do volume de Pirâmides clicando na imagem da figura genérica da tela. Abaixo traz uma barra lista suspensa para a escolha do tipo de Pirâmide que se deseja explorar. A seleção de cada opção se dá pelo toque na tela na opção desejada.

Os itens abaixo descrevem a composição da tela 1:

- Título – identifica a tela. Comum a todas as telas;
- Figura “botão” – se tocada abre tela 2-definição;
- Janela deslizante- abre as opções para telas de cálculo;
- Botão sair- Fecha o aplicativo.

Ao clicar em “escolha uma base” (3), uma janela deverá ser aberta para a escolha da base desejada que abrirá as telas que se seguem. Todas as funções programadas para os comandos da tela em questão (Fig. 2)

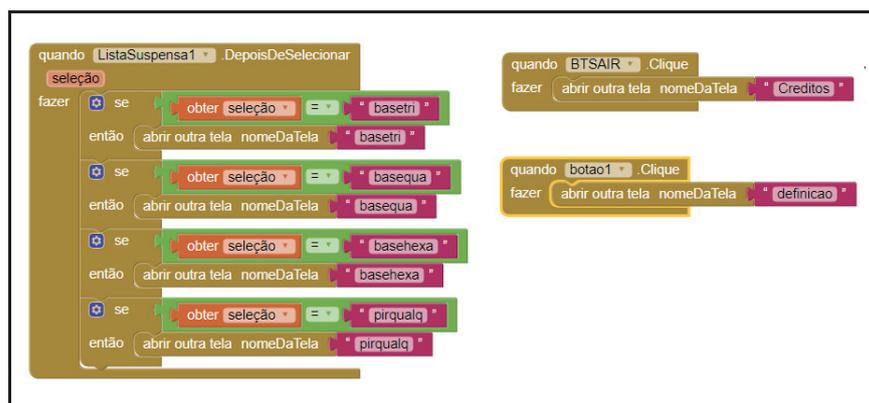


Figura 2: Blocos de programação da tela 1

Fonte: Autor (2017)

A estrutura apresentada na figura 2 executa os comandos de abertura de cada uma das telas da figura 3, permitindo, em seguida a inserção dos dados necessários para calcular o volume da Pirâmide.

As telas seguintes são as principais do aplicativo. Sua criação fica por conta da criatividade do autor, no entanto, as funções e fórmulas são as mesmas para todos alunos do minicurso.



- 1- Caixa de entrada (l): digita a medida do lado, em qualquer unidade. Aceita valores decimais utilizando o ponto;
- 2- Resultado da área da base: expõe o resultado do cálculo da área (após 1);
- 3- Botão calcular área: aciona o cálculo da área quando tocado;
- 4- Caixa de entrada (h): digita a medida da altura, em qualquer unidade. Aceita valores decimais utilizando o ponto;
- 5- Resultado do volume da Pirâmide: expõe o resultado do cálculo do volume após ter calculado a área da base (2) e tocado o botão calcular (6);
- 6- Botão calcular volume: aciona o cálculo do volume da Pirâmide quando tocado;
- 7- Botão voltar: retorna à tela 1 para a escolha de nova tela ou fechar o aplicativo;
Botão Limpar: retorna ao valor inicial (limpa) das caixas de entrada e resultados;

Figura 3: Design e função dos elementos das telas de cálculo das áreas da base e volume

Fonte: Autor (2017)

As referências dos elementos descritos na figura 3 são comuns a ambas as telas: 3, 4 e 5, variando apenas as particularidades das diferentes bases para o cálculo da área.

As representações em bloco, descritas na figura 4 representam as fórmulas para cálculo de área e volume das Pirâmides. Nesta etapa, cabe cuidado ao professor, pois os alunos deverão transpor as relações dos elementos da Pirâmide contidos nas fórmulas, para a estrutura em blocos.

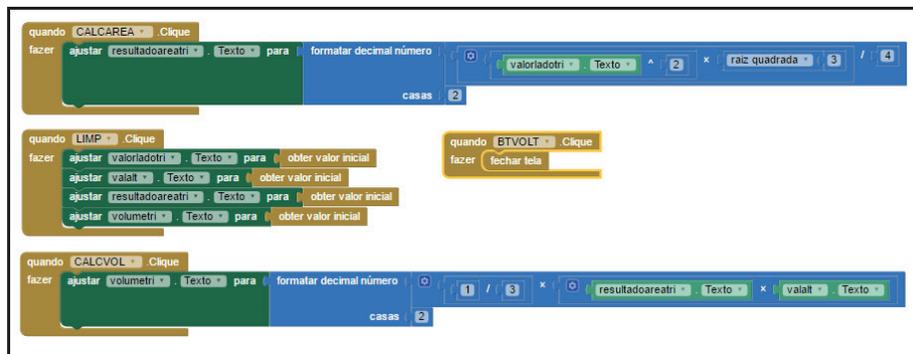


Figura 4 :Programação das telas de cálculo da área da base e do volume da Pirâmide

Fonte: Autor (2017)

Esta etapa permitiu compreender a relação entre elementos para a modelagem de fórmulas no cálculo de área da base dos polígonos regulares e do volume da Pirâmide, para em seguida serem programadas no aplicativo. Esta fase demanda maior planejamento no nível 3 de Van Hiele.

A última tela (Fig. 5) seguiu os mesmos padrões das anteriores, com uma diferença, a entrada do número de lados. Torna possível o cálculo do volume de qualquer Pirâmide de base poligonal regular com entrada para números naturais ou racionais na forma decimal.



Figura 5: Tela de cálculo da área da base e do volume da Pirâmide regular qualquer.

Fonte: Autor (2017)

Na programação da tela acima deverá ser considerada a relação Matemática $A_b = \frac{\text{perímetro.apótema}}{2}$ para o cálculo da área de um polígono regular qualquer. Por outro lado, deve-se observar que todos as outras relações das telas anteriores (para o cálculo da área e volume) estão em função do lado, portanto, torna-se razoavelmente necessário adequar as relações.

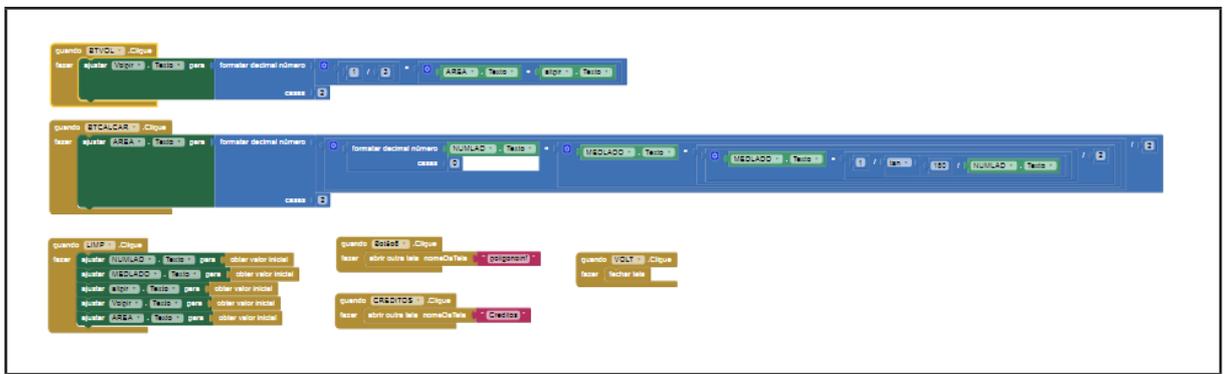


Figura 06 :Programação das telas de cálculo da área da base e do volume da Pirâmide

Fonte: Autor (2017)

O processo final de compilação do aplicativo deve foi executado de forma padrão com a geração do *qr*code no *smartphone*, pelo emulador disponível na própria plataforma ou pelo *download* do instalador na opção “compilar”.

7 | DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A construção do aplicativo foi uma etapa da sequência didática baseada nos níveis de aprendizagem de Van Hiele. O aplicativo desenvolvido já havia sido construído e testado previamente pelo mediador. Cada dupla de alunos, construiu o mesmo aplicativo proposto, com variações apenas na *interface*. Concluída a etapa de construção, escolhemos um deles para compor as figuras deste trabalho.

Na etapa de teste e aplicação, apresentaremos os resultados obtidos na questão 5, proposta pelo pré-teste e em seguida, os resultados obtidos após a criação do aplicativo.

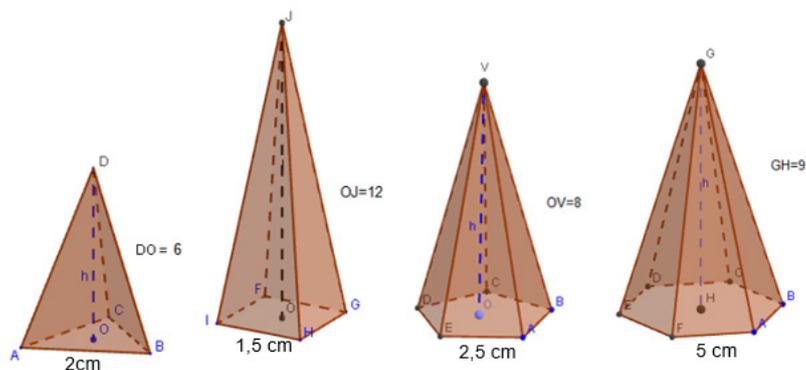
Atividade de pré-teste

Título: Volume da Pirâmide regular

Objetivo: descobrir a relação entre a área da base, altura e o volume da Pirâmide.

Material: roteiro da atividade, lápis ou caneta.

- Calcule o volume das Pirâmides, sabendo que ambas possuem bases regulares, sendo que as alturas são dadas em cm:



Quadro 2- Resumo das atividades desenvolvidas no minicurso

Fonte: Autor (2017)

Consideremos D1, D2, D3 e D4 como sendo as duplas de alunos do ensino médio, D5 e D6 as duas duplas de “Licenciandos”. P1, P2, P3 e P4, as Pirâmides regulares: triangular, quadrangular, pentagonal e hexagonal respectivamente. Com a aplicação da questão 5, apenas D6 respondeu toda a questão, acertando pouco mais que 75%.

As duplas D1, D2, D3, D4 e D5 apesar de identificarem corretamente os elementos das Pirâmides, compreenderam que pelo fato de estar em evidência apenas um lado da aresta da base, as demais arestas são semelhantes por serem bases regulares apresentaram dificuldades de compreensão e relação entre os elementos para o cálculo da área da base, respondida parcialmente apenas por D6 que por sua vez, demonstraram habilidade parcial referente ao nível 3 de Van Hiele, não demonstrando habilidade com a demonstração de teoremas de permitisse o cálculo do volume das Pirâmides.

As principais dificuldades apresentadas na construção do aplicativo foram: (a) dimensionamento gráfico das telas – D2 e D4 utilizaram as ferramentas da plataforma com muita propriedade; (b) Todas as duplas apresentaram a dificuldades na transposição das fórmulas Matemáticas para a programação em blocos nas telas 2, 3 e 4, superando tais obstáculos na última tela a partir das intervenções feitas pelo professor.

No pós-teste, a atividade foi a mesma, mas com pequena modificação na pergunta, garantindo que o objetivo seja preservado e a possibilidade de utilização do aplicativo.

Utilizando o aplicativo, o quadro abaixo foi preenchido, a partir dos dados da mesma questão.

Pirâmide	Medida do lado (l)	Área da base (A_b)	Altura (h)	Volume (V)
Triangular	2,0	3,73	6	3,46
Quadrada	1,5	2,25	1,2	9,0
Pentagonal	2,5	10,75	8	28,67
Hexagonal	5,0	64,95	9	194,85
Heptagonal de lado 2cm	2,0	14,54	h	$\frac{14,54 \cdot h}{3}$
Decagonal de lado 1,5cm	1,5	17,31	h	$\frac{17,31 \cdot h}{3}$

Descubra uma maneira de obter os resultados sem utilizar o aplicativo:

Conclusão:

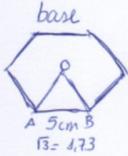
Figura 7: Quadro do volume da Pirâmide.

Fonte: Pós-teste, Dupla D5 (2017)

A utilização do aplicativo Volpir para o cálculo do volume das Pirâmides foi essencial para todas as duplas preenchessem corretamente o quadro da figura 7. Tal possibilidade permite motivar o aluno, mostrando que é possível chegar facilmente ao resultado esperado.

Pirâmide hexagonal

base



$A = 5 \text{ cm}$
 $\sqrt{3} = 1,73$
 $h = 2,5 \cdot 1,73 \Rightarrow h = 4,3$

Área $\Delta_{AOB} = \frac{b \cdot h}{2} = A_T$

Área hexágono $A_H = 6 \cdot A_T$

$h = \frac{5\sqrt{3}}{2} \Rightarrow h = \frac{5\sqrt{3}}{2}$

$A_T = \frac{5 \cdot 4,3}{2}$
 $A_T = 10,75$
 $A_H = 6 \cdot 10,75$
 $A_H = 64,50$

$A_H = 64,5$
 $V_H = \frac{A_H \cdot h}{3}$

$V_H = \frac{64,5 \cdot 4,3}{3}$
 $V = 193,5$



Figura 8: Cálculo do volume da Pirâmide de base hexagonal.

Fonte: Pós-teste, Dupla D5 (2017)

A sequência de elementos do quadro associada à hierarquia dos elementos no mesmo quadro (Fig.7) e na construção da programação a partir dos blocos, permite uma organização do pensamento algébrico, contribuindo para a organização e o desenvolvimento das soluções esperadas, como demonstrada na figura 8.

8 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sequência de atividades proposta abre espaço para um leque de discussões e análises, permite compreender aspectos do processo de ensino e aprendizagem com a utilização de tecnologias digitais, o que dificulta realizar uma análise mais aprofundada dos resultados, surgindo novas ideias e outros olhares para futuras análises.

O aplicativo foi essencial para a motivação dos estudantes, uma vez que ao ser utilizado como uma espécie de calculadora, torna possível enxergar o resultado antes de ser calculado com lápis, possibilitou a autoavaliação e a valorização do erro no processo, podendo facilmente identificar a etapa que causou o obstáculo.

Uma limitação dos aplicativos criados no App inventor é o potencial gráfico, o que não contribuiu para o desenvolvimento de habilidades atribuídas aos primeiros níveis de Van Hiele que tratam da visualização espacial das Pirâmides, por outro lado, contribui para a formação de conceitos matemáticos e a organização do raciocínio lógico relacionadas às variáveis envolvidas permitindo a compreensão da estrutura lógica exigida nos blocos de programação e utilizá-las nas demonstrações nível considerado com bom aprofundamento pelo professor. O modelo de Van Hiele contribuiu para organizar a sequência didática.

Acreditamos que o aplicativo oferece possibilidades potenciais exploratórias, em que esse único trabalho não é suficiente para análises mais detalhadas, dessa forma, sugere-se trabalhos posteriores para tal fim.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Secretaria De Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares: Matemática do Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEB, 1997.

BRASIL. Secretaria De Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares: Matemática do Ensino Médio +**. Brasília: MEC/SEB, 2002.

_____. **Matrizes de Referência para a Prova Brasil: tópicos e descritores**. Brasília: MEC/SEB/ INEP, 2011.

_____. **Matrizes de Referência para o Exame Nacional do Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEB, 2009.

CABRAL, Natanael F. **Sequências Didáticas: estrutura e elaboração**. Belém: SBEM-PA, 2017.

DULLIUS, M. M., QUARTIERI, M. T. (org). **Explorando a Matemática com aplicativos educacionais: séries iniciais do Ensino Fundamental**. Lajeado: Ed. Univates, 2015.

GIL, A. Carlos. **Métodos técnicas de pesquisas sociais**. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2008.

LINDQUIST, M. M., SHULT, A. P (org). **Aprendendo e ensinando geometria**. São Paulo: Atual, 1994.

LORENZATO, S., VILA, M. **Século XXI: qual a Matemática recomendada?** Zetetiqué. São Paulo, Ano 1, N.1, p. 42, 1993.

VILLIERS, M., **Algumas reflexões sobre a teoria de Van Hiele**. Educ. Matem. Pesq., São Paulo, v.12, n.3, pp. 400-431, 2010.

O USO DO CELULAR NO PROCESSO DE ENSINO APRENDIZAGEM: UMA ANÁLISE A PARTIR DAS CONTRIBUIÇÕES TEÓRICAS DE VYGOTSKY

Jerry Wendell Rocha Salazar

Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal do Maranhão –UFMA, São Luís-MA.

Delcineide Maria Ferreira Segadilha

Departamento de Educação I da Universidade Federal do Maranhão –UFMA, São Luís-MA.

RESUMO: Discute a importância da utilização das novas tecnologias em sala de aula, analisando a partir da teoria sócio-histórica de Vygotsky e as implicações desta teoria no contexto escolar, bem como o desenvolvimento do sujeito em um ambiente de aprendizagem tecnológico, utiliza-se, para tanto, o uso do celular como exemplo de ferramenta que pode potencializar a aprendizagem em sala de aula. Nesse sentido, enfatiza-se o conceito de mediação proposto por Vygotsky (1998), para tal, ressalta-se as análises sobre sua teoria a partir de Oliveira (1997), Moreira (1985). Para resgatar as discussões no campo pedagógico, lança-se mão das elucidaciones propostas por Kensky (2007), Fávero (2004), bem como, as Diretrizes de Políticas para a aprendizagem móvel da Unesco (2014). Os resultados obtidos das análises dão conta de que a mediação nesse contexto, promove a interatividade e favorece a dinamicidade na comunicação, essa por sua vez, promove interação social -

elemento diretamente enleado à aprendizagem. Destaca-se ainda, o conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal na perspectiva dialética de mediação proposta por Vygotsky (1998) como elemento que ressignificador da relação sujeito- conhecimento-aprendizagem.

PALAVRAS-CHAVE: Celular; Tecnologias; Teoria Vygotskyana; Ensino-Aprendizagem; Mediação

THE USE OF THE CELLULAR IN THE TEACHING PROCESS LEARNING: AN ANALYSIS FROM VYGOTSKY'S THEORY CONTRIBUTIONS

ABSTRACT: It discusses the importance of the use of the new technologies in the classroom, analyzing from the socio-historical theory of Vygotsky and the implications of this theory in the school context, as well as the development of the subject in an environment of technological learning, is used, for both the use of the cell phone as an example of a tool that can enhance the learning in the classroom. In this sense, we emphasize the concept of mediation proposed by Vygotsky (1998), for this, the analyzes about his theory are emphasized from Oliveira (1997), Moreira (1985). In order to rescue the discussions in the pedagogical field, the elucidations proposed by Kensky (2007), Fávero (2004), as

well as the Policy Guidelines for mobile learning of Unesco (2014) are used. The results obtained from the analyzes show that mediation in this context promotes interactivity and favors the dynamics of communication, which in turn promotes social interaction, an element directly related to learning. The concept of the Proximal Development Zone in the dialectical perspective of mediation proposed by Vygotsky (1998) as an element that resigns the subject-knowledge-learning relationship is also highlighted.

KEYWORDS: Cell phone; Technologies; Vygotskyana theory; Teaching-Learning; Mediation

1 | INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho consiste em discutir a importância da utilização das novas tecnologias, sobretudo, o celular no processo de ensino e aprendizagem à luz da teoria de Vygotsky, acerca do conceito de mediação - compreendido aqui como ato de interação entre um mediador e um mediado.

A abordagem metodológica utilizada se assenta na análise bibliográfica de alguns artigos já publicados sobre o assunto, a fim de propiciar uma melhor análise acerca do tema, bem como trazer uma reflexão sobre a teoria sócio-histórico-cultural de Vygotsky como suporte à utilização das novas tecnologias no ambiente de ensino-aprendizagem. Trata-se de uma pesquisa qualitativa, pois conforme Minayo (2001, p.22) esta responde a questões muito particulares. Ela se preocupa, nas ciências sociais, com um nível de realidade que não pode ser quantificado.

Atualmente a tecnologia se desenvolve em escala geométrica e é algo cada vez mais presente no cotidiano das pessoas. Desse modo, a necessidade de buscarmos técnicas mais sofisticadas no que diz respeito ao ensino aprendizagem, pois como já dizia Vygotsky, o contexto interfere diretamente no desenvolvimento do indivíduo. Ou seja, devemos refletir acerca do papel do professor como mediador em um momento cada vez mais moderno no qual as tecnologias funcionam como fator que impulsiona o desenvolvimento por parte do aluno no que tange o seu desenvolvimento profissional.

Vygotsky em seus trabalhos, edificou uma psicologia e, mesmo indiretamente, uma pedagogia - fortemente influenciada pelo modelo teórico-epistemológico do marxismo. Assim, seguramente, uma das contribuições mais importantes das teorias vygotskianas sobre o funcionamento do cérebro humano, reside no seu conceito de mediação.

De acordo com Vygotsky,

Mediação em termos genéricos é o processo de intervenção de um elemento intermediário numa relação; a relação deixa, então, de ser direta e passa a ser mediada por esse elemento (OLIVEIRA, 2002, p. 26).

Conforme fica plasmado nas próprias palavras do autor,

Propomos que um aspecto essencial do aprendizado é o fato de ele criar a zona

de desenvolvimento proximal; ou seja, o aprendizado desperta vários processos internos de desenvolvimento que são capazes de operar somente quando a criança interage com pessoas e seu ambiente e quando em cooperação com seus companheiros. Uma vez internalizados, esses processos tornam-se parte das aquisições do desenvolvimento independente de crianças (Vygotsky, 1998, p. 118).

Dito isso, pode-se afirmar que para o cérebro humano aprender um conceito, não o faz sem usar da mediação das palavras ou a própria linguagem. Não há como pensar se não utilizarmos, sempre, palavras ou imagens. Por isso, em vez da linguagem, podemos falar de uma mediação semiótica. Marta Kohl de Oliveira, ao tratar da aprendizagem em Vygotsky, afirma: “[...] a principal função da linguagem é a de intercâmbio social: é para se comunicar com seus semelhantes que o homem cria e utiliza os sistemas de linguagens” (2002, p. 42).

Diante do exposto, podemos depreender que, se toda ação humana supõe uma mediação, do mesmo modo a aprendizagem se faz com a mediação semiótica ou pela interação com o outro, na interação social, na qual as palavras são empregadas como meio de comunicação ou de interação. A essa mediação, Vygotsky e seus discípulos denominaram de sociointeracionismo – a ação se dá numa interação sócio-histórica ou históricocultural.

2 | A TEORIA SÓCIO-HISTÓRICA DE VYGOTSKY E SUAS IMPLICAÇÕES NO CONTEXTO ESCOLAR

Vygotsky (1998) assegura que o desenvolvimento cognitivo não pode ser entendido sem a observância do contexto social e cultural em que ele ocorre, bem como focaliza mecanismos de origem e natureza sociais e peculiares ao ser humano. Defende a ideia de que os processos superiores mentais têm origem em processos sociais e que os processos mentais só são entendidos através de instrumentos e signos que os medeiam.

Assim sendo, a teoria sócio-histórica vygotskyana reflete a ideia de que o desenvolvimento do indivíduo está diretamente ligado às interações entre o homem e a sociedade, cultura e sua história de vida, fator que inclui as situações de aprendizagem, as oportunidades e as várias influências externas ao indivíduo.

Ressalta-se que Vygotsky acreditava que através da mediação de instrumentos e signos é que se dá a internalização de atividades e comportamentos sócio-históricos e culturais. Os signos, segundo ele, são divididos em: “indicadores (exemplo: fumaça indica fogo)”, “icônicos (imagens e desenhos com significados)”, “simbólicos (tem uma relação abstrata com o que significam)”. O desenvolvimento das funções mentais superiores passa por uma fase externa posto que anteriormente seriam uma função social, logo, as funções mentais superiores se aplicam diretamente na Lei da Dupla Formação de Vygotsky (MOREIRA, 1985, p. 111)

A teoria de Vygotsky tem a perspectiva de que o homem é um sujeito total

quanto da mente e do corpo, organismo biológico e social, integrado em um processo histórico. A sua concepção de desenvolvimento é gerada em função das interações sociais e respectivas relações com processos mentais superiores, ou seja, envolve o mecanismo de mediação, caso em que serão mediados por instrumentos ou signos fornecidos pela cultura em que vive (ALMEIDA, 2000).

Vygotsky através dos seus estudos explana que será despertada a aprendizagem do indivíduo quando ocorrer a mudança de ambiente, momento em que haverá o início do aprendizado.

Nesse sentido Oliveira (1995, p. 57) explica:

É um processo pelo qual o indivíduo adquire informações, habilidades, atitudes, valores etc. a partir do seu contato com a realidade, o meio ambiente, as outras pessoas. É um processo que se diferencia dos fatores inatos (a capacidade de digestão, por exemplo, que já nasce com o indivíduo) e dos processos de maturação do organismo, independentes da informação do ambiente. Em Vygotsky, justamente por sua ênfase nos processos sócio-históricos, a ideia de aprendizado inclui a interdependência dos indivíduos envolvidos no processo. O termo que ele utiliza em russo (obuchenie) significa algo como “processo de ensino aprendizagem”, incluindo sempre aquele que aprende, aquele que ensina e a relação entre essas pessoas.

Alguns conceitos que o teórico julgou interessantes para a compreensão do processo de desenvolvimento do indivíduo são: “mediação simbólica”; “signos”; “sistemas de símbolos”; “zona de desenvolvimento proximal” e “desenvolvimento aprendizado”.

A mediação simbólica como já fora explanada ocorre quando a ação do indivíduo sobre o objeto é mediada por algum elemento deixando de ser uma relação direta. Oliveira (1997, p.24) explica que os sistemas simbólicos são estruturas complexas e articuladas que serão organizadas por meio de signos e instrumentos que são os chamados elementos mediadores.

Acerca dos signos Oliveira (1997, p. 36) evidencia que são aqueles que permitem a comunicação entre os indivíduos quando compartilhados trazendo o aprimoramento da interação social.

Sendo considerado o mais importante conceito por Vygotsky na área da educação a “zona de desenvolvimento proximal”, segundo Moreira (1985, p. 116) define as funções que ainda não amadureceram, mas que estão em processo para que isso ocorra, logo como sendo uma medida do potencial de aprendizagem, ou seja, aonde ocorre o desenvolvimento cognitivo. Exemplo: Uma criança na zona de desenvolvimento proximal se desenvolve com um adulto, por ter esta estrutura de desenvolvimento mais completo. Para Vygotsky o desenvolvimento cognitivo real do indivíduo é observado quando da capacidade de resolução de problemas independente do seu nível de desenvolvimento potencial.

Em seus estudos, Vygotsky formula uma lei geral do desenvolvimento das funções mentais superiores, a qual pode ser aplicável ao aprendizado de crianças (1998, p. 117).

Diante do que foi exposto acerca da teoria sócio-histórica de Vygotsky nota-se as implicações desta teoria no contexto escolar, visto que através de seus estudos este nos deixa claro que o desenvolvimento do indivíduo está diretamente enleado ao ambiente em que aprende e aos fatores externos inerentes, o que nos faz refletir quanto a necessidade de métodos que impulsionem o desenvolvimento do aluno no âmbito escolar.

Nesse sentido, Ponte (1986, p. 93) acredita que os professores não devem deixar reduzir-se ao papel de “correias de transmissão” de forma a utilizar em seu ensino produtos educacionais padronizados e prontos para usar. Segundo ele, os professores têm a responsabilidade de desenvolver alternativas educacionais apropriadas para os seus alunos. Assim sendo, veremos na sessão seguinte que pode ser muito eficaz do ponto de vista pedagógico a “utilização do celular em sala de aula”.

3 | A UTILIZAÇÃO DO CELULAR EM SALA DE AULA

As Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação estão revolucionando a Educação de modo que, aos poucos, estão se implementando metodologias e tecnologias digitais em lugar dos métodos tradicionais de ensino e aprendizagem.

De acordo com Silva (2001), as TDIC “ trouxeram facilidades de acesso à informação, nomeadamente pelo aumento da capacidade de armazenamento, pela velocidade e pela compatibilidade entre os sistemas”. Para o autor, o uso das TDIC no ambiente educacional propicia uma combinação entre texto, voz e imagem, que oferece um “potencial estratégico para renovar a estrutura escolar”.

Tal entendimento, porém não é majoritário no campo da Educação, do Direito, tampouco no campo Pedagógico e Educacional, pois se trouxermos para a discussão a inserção do aparelho celular na sala de aula, veremos surgir opiniões bem controversas. Desde as que defendem sistematicamente seu uso àquelas que se sobrepõem em discordar.

Nos Estados Unidos, a Suprema Corte do Estado de New York proibiu que alunos levassem seus celulares a escolas públicas. A Medida foi aprovada pelo Departamento de Instrução do Estado. Os pais protestaram junto à corte, alegando que filhos com celulares é igual a tranquilidade para pais (MILAGRE,2009).

É possível encontrar na Web até opiniões mais ortodoxas, tachando a proibição de celulares nas Escolas de uma «Prática Fascista».

O Governo do Peru também já intenta medida restritiva semelhante. Na Europa, a França discute a proibição de celulares para menores de 12 (doze anos). A Itália, em 2007, proibiu que crianças usassem celulares em classes após a publicação em novembro de 2006 de um vídeo onde um aluno deficiente era espancado em sala por colegas (MILAGRE,2009).

Já no Brasil, São Paulo foi o primeiro estado a proibir os equipamentos, com a rápida aprovação da Lei Estadual 12.730/2007 (clique aqui), prescrevendo que “Ficam os alunos proibidos de utilizar telefone celular nos estabelecimentos de ensino do Estado, durante o horário das aulas”.

A Lei foi regulamentada pelo Decreto 52.625, de janeiro de 2008, que prevê que:

Artigo 2º - Caberá à direção da unidade escolar:

I - adotar medidas que visem à conscientização dos alunos sobre a interferência do telefone celular nas práticas educativas, prejudicando seu aprendizado e sua socialização;

II - disciplinar o uso do telefone celular fora do horário das aulas;

III - garantir que os alunos tenham conhecimento da proibição.

Em seguida, a Prefeitura do Rio de Janeiro, em 2008, promulgou a Lei 4.734, válida apenas para a cidade. No Ceará, a Lei 14.146/2008, vetou o uso de celulares e tocadores MP3 nas salas de aula das Escolas Estaduais. Rondônia também já apresenta legislação promulgada sobre o assunto⁶ Cidades do Interior de São Paulo já adotam a iniciativa, como Piracicaba, que discute o Projeto 226/20077.

No Rio Grande do Sul, conforme a Lei Estadual Nº 12.884/2008/RS é proibido o uso dos aparelhos celulares dentro da sala de aula. A lei é redigida de forma bem sucinta, não especificando muitos detalhes:

Art. 1º - Fica proibida a utilização de aparelhos de telefonia celular dentro das salas de aula, nos estabelecimentos de ensino do Estado do Rio Grande do Sul.

Parágrafo único - Os telefones celulares deverão ser mantidos desligados, enquanto as aulas estiverem sendo ministradas.

Art. 2º - Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação. (RIO GRANDE DO SUL, 2008)

Tal proibição pode parecer incoerente, uma vez que a assimilação e a utilização das tecnologias móveis tornam-se parte da estratégia governamental para um ensino de qualidade nas redes de escolas públicas do Brasil. No final de 2011, o Governo Federal, através do MEC, lançou edital para efetuar a compra de aproximadamente 600.000 *tablets* para serem distribuídos em 58.000 escolas da Educação Básica (MAIA; BARRETO, 2011, p.51).

No Maranhão, o entendimento sobre tal assunto, ao menos no campo formal, é representado pelo Regimento Escolar dos Estabelecimentos de Ensino da Rede Pública Estadual do Maranhão, na Seção III- Das Proibições, diz que:

É vedado ao estudante: (...)

Art.286- X – utilizar aparelhos celulares, *tablets*, *notebooks* ou quaisquer aparelhos eletrônicos na sala de aula, **a não ser quando utilizados pelo professor como**

No mesmo documento, em seu Art. 305, Inciso VI, são classificados como atos indisciplinados: “Utilizar o celular ou outros equipamentos eletrônicos, durante as aulas”

Pode-se concluir a partir do exposto que, o tratamento dado ao uso do celular no âmbito das escolas estaduais do Maranhão segue algumas restrições, embora se reconheça o artefato como ferramenta pedagógica.

Sabe-se que há uma proposta de lei PL 104/15 em análise na Câmara dos Deputados em que se proíbe o uso de aparelhos eletrônicos portáteis, como celulares e tablets, nas salas de aula da Educação Básica e Superior de todo o país.

A justificativa do projeto diz que “para preservar a essência do ambiente pedagógico” cabe a proibição de todos os equipamentos que “desviam a atenção do aluno do trabalho didático desenvolvido pelo professor”

É sabido também que um celular, mesmo que não possua momentaneamente sem conexão à internet, pode oferecer recursos como cronômetro, contagem regressiva, conversor de moedas, peso, volume, área, temperatura e calculadora. Tais ferramentas podem ser usadas para conferir o resultado de um exercício, antes mesmo que o professor ofereça correção.

Assim, na medida em que a comunicação entre as pessoas e a conexão com a internet começaram a se desprender dos espaços geográficos – modems, cabos e desktops. Espaços públicos, ruas, parques, todo o ambiente urbano foram adquirindo um novo desenho que resulta da intromissão de vias virtuais de comunicação e acesso à informação enquanto a vida vai acontecendo. Portanto, não se pode conceber a educação fora dessa nova lógica social.

Daí o porquê de os celulares fascinarem cada vez mais seus usuários. Ou seja, porque para eles convergem jogos, vídeos, fotos, música, textos e, ao mesmo tempo, manter uma comunicação ubíqua com seus contatos via msm, mms e chamadas. Não são mais simplesmente dispositivos que permitem a comunicação oral, mas sim um sistema de comunicação multimodal, multimídia e portátil, um sistema de comunicação ubíqua (SANTAELLA, 2010).

Os aparelhos celulares, os tablets ou os notebooks oferecem inúmeras outras possibilidades quando há conexão com a internet, o que levará o aluno a qualquer parte do mundo, favorecendo a metodologia de produção colaborativa de conteúdo, facilitando o acesso a informação, pois, através de um dispositivo móvel de comunicação, é possível baixar livros, revistas e jornais, para serem lidos. Além disso, é possível o trabalho de registros de fatos, pelo uso de gravadores e câmeras embutidas nos dispositivos móveis.

Sobre as tecnologias digitais de informação e comunicação, Johnson (2001, p. 15-16) elucida que:

Em nenhum período da cultura humana os homens compreenderam os mecanismos

psíquicos envolvidos na invenção e na tecnologia. Hoje é a velocidade instantânea da informação elétrica que, pela primeira vez, permite o fácil reconhecimento dos padrões e contornos formais da mudança e do desenvolvimento. O mundo inteiro, passado e presente, revela-se agora a nós mesmos do mesmo modo que percebemos uma planta crescendo graças a um filme enormemente acelerado. Velocidade elétrica é sinônimo de luz e de compreensão das causas.

As Tecnologias Digitais da Comunicação e Informação já fazem parte do contexto do aluno há alguns anos. Desde quando muitas escolas aderiram às aulas de informática e o uso do computador em outras disciplinas. Ocorre que hoje há outras formas de tecnologias que podem ser utilizadas, como os aparelhos celulares, *tablets*, dentre outros.

O que se observa, porém, muito fortemente impregnado no discurso dos professores é a resistência por parte em utilizar-se dessas tecnologias muitas vezes justificada na não compreensão de como tais artefatos poderão auxiliá-los pedagogicamente, principalmente por ser algo inovador, ou até mesmo têm o receio de “perder” o controle da aula.

Sabe-se, porém, que a tecnologia é uma importante ferramenta que poderá agregar valor ao ensino, é sabido que está também poderá desviar o foco de atenção dos alunos que poderão utilizá-las como meio de refúgio na aula quando não utilizadas pelo professor. Motivo pelo qual devemos utilizar métodos de captação da atenção do aluno, usar meios que ele esteja familiarizado, se a internet é um meio devemos utilizá-la.

Vejamos o entendimento de Kensky (2007, p. 120):

O que se pode afirmar é que outras linguagens, recursos e metodologias devem ser incorporados permanentemente ao ambiente escolar, entre eles se destacam as tecnologias de *M-learning* ou *mobile learning*. Novas formas híbridas e interativas de uso das tecnologias digitais incorporam todos os tipos de aparelhos que tenham uma telinha e os transformam, também, em espaços virtuais de aprendizagem em rede. Por meio dessas telas, sejam de televisores ou relógios de pulso, os alunos podem interagir com professores e colegas, conversar e realizar atividades educacionais em conjunto.

Os seres humanos pensam através de palavras, conceitos, imagens, sons, associações. Um computador que nada faça além de manipular sequências de zeros e uns não passa de uma máquina de somar excepcionalmente ineficiente. Para que a mágica da revolução digital ocorra, um computador deve também representar-se a si mesmo ao usuário, numa linguagem que este compreenda.

Nota-se, portanto que, Kensky (2007) e Johnson (2001) entendem a importância das tecnologias, uma vez que nós, seres humanos, aprendemos através de associações, contudo, as tecnologias nesse sentido têm que trazer algum sentido tanto àquele que ensina, como àquele que aprende, como o próprio teórico afirma “o computador deve também representar-se a si mesmo ao usuário, numa linguagem que este compreenda” quando menciona acerca do computador como tecnologia a ser utilizada em sala de aula.

Segundo estudo feito e apresentado pela UNESCO (2014, p.41), as pessoas

em sua maioria tendem a ver os aparelhos móveis, mais precisamente os telefones celulares, como instrumentos voltados a portais de diversão, não de educação, o que faz com que essas tecnologias sejam deixadas de lado como sendo uma distração ou uma perturbação nos ambientes escolares.

Assim, ao superar os limites entre a aprendizagem formal e a não formal os aparelhos móveis facilitam sem dúvidas a aprendizagem. Os estudantes poderão, através dos aparelhos móveis, acessar com maior facilidade materiais suplementares a fim de esclarecer as ideias introduzidas pelo instrutor em sala de aula, é o que nos diz a UNESCO (2014, p. 23).

As pesquisas da UNESCO revelaram que os aparelhos móveis podem auxiliar os instrutores a usar o tempo de aula de forma mais efetiva. Quando os estudantes utilizam as tecnologias móveis para completar tarefas passivas ou de memória, como ouvir uma aula expositiva ou decorar informações em casa, eles têm mais tempo para discutir ideias, compartilhar interpretações alternativas, trabalhar em grupo e participar de atividades de laboratório, na escola ou em outros centros de aprendizagem. Ao contrário do que se pensa, a aprendizagem móvel não aumenta o isolamento, mas sim oferece às pessoas mais oportunidades para cultivar habilidades complexas exigidas para se trabalhar de forma produtiva com terceiros.

O uso de celulares em sala de aula, então, é um importante instrumento para que haja uma aprendizagem eficaz por parte do aluno que terá maior disposição em assistir as aulas de forma interessada. Não é à toa, segundo a UNESCO (2014, p. 44), que pela primeira vez na história existem mais telefones celulares e *tablets* do que pessoas no planeta, a sua utilidade, facilidade e custo baixo possui potencial para expandir as oportunidades educacionais dos estudantes, inclusive em áreas onde os recursos educacionais tradicionais são escassos.

4 | A TEORIA DE VYGOTSKY E AS NOVAS POSSIBILIDADES DE APRENDIZAGEM

Vygotsky, através de sua teoria sócio-histórico-cultural já explicada neste artigo, demonstra que o indivíduo se desenvolve por meio da interação com o meio e com outros indivíduos sofrendo interferência do meio em que vive, assim sendo, nota-se necessária uma reflexão acerca de novas práticas que sejam eficazes do ponto de vista pedagógico, uma vez que o professor atua como mediador na busca pelo conhecimento.

As novas tecnologias inserem-se no meio em que vivemos atualmente, o que impulsiona um conhecimento cada vez mais amplo, e por isso devemos utilizá-las como instrumento auxiliar no processo de ensino-aprendizagem.

Fávero (2014, p.299-300) afirma que Vygotsky rejeita a ideia de uma origem puramente biológica das emoções humanas, defende que por trás dos estados corporais e das expressões emocionais comunicativas há sempre emoções ligadas

a todas as experiências vividas no contexto em que elas se expressam, motivo pelo qual a experiência escolar é carregada de significados particulares e de conteúdos emocionais singulares.

Isso justifica a interlocução com Piaget ao introduzir na discussão o conceito de interação:

Discordamos de Piaget num único ponto, mas um ponto importante. Ele presume que o desenvolvimento e o aprendizado são processos totalmente separados e incomensuráveis, e que a função da instrução é apenas introduzir formas adultas de pensamento que entram em conflito com as formas de pensamento da própria criança, superando-as, finalmente. Estudar o pensamento infantil separadamente da influência do aprendizado, como fez Piaget, exclui uma fonte muito importante de transformações e impede o pesquisador de levantar a questão da interação do desenvolvimento e do aprendizado, peculiar a cada faixa etária. Nossa abordagem se concentra nessa interação. (VYGOTSKY, 1999, p. 145).

Vygotsky avança sobre outras teorias da aprendizagem ao pensar o desenvolvimento a partir das possibilidades históricas e culturais, e ainda, ao lançar mão dessas possibilidades como instrumentos para a formação de conceitos e, conseqüentemente, da aprendizagem para além do desenvolvimento e da maturação biológica.

A autora (2014, p. 303) ainda aclara que:

A cultura estoca um extraordinário conjunto de conceitos, técnicas e outros instrumentos que, para serem utilizados, requerem certas habilidades particulares como, por exemplo, as linguagens particulares tais como a linguagem matemática, para citar apenas uma, e, em especial, a linguagem escrita. Em tese, seria papel da escola a ação de mediar esse conjunto de conhecimentos.

Assim sendo, nota-se que sendo a escola um importante mediador do conhecimento por meio de seus professores, quando aplicados novos métodos, o meio influenciará diretamente no aprendizado do aluno. No período atual em que as tecnologias estão cada vez mais expostas a eles trará um resultado rápido e positivo.

Segundo a abordagem Vygotskyana a aprendizagem promovida pela escola pode levar o sujeito a uma percepção generalizada, por meio dos conceitos científicos do seu sistema hierárquico de interrelações que podem se constituir no meio em que a consciência e o domínio se desenvolvem e mais tarde são transferidos a outros conceitos e áreas do pensamento.

No que se refere às tecnologias, Borba (2004, p. 305) acredita que:

As tecnologias são produtos humanos, e são impregnadas de humanidade, e reciprocamente o ser humano é impregnado de tecnologia. Neste sentido, o conhecimento produzido é condicionado pelas tecnologias e, em particular, pelas tecnologias da inteligência, denominadas mídias por mim para enfatizar o aspecto comunicacional.

Como vimos, as tecnologias auxiliam o conhecimento, posto que embora sejam “produtos humanos” o ser humano é impregnado de tecnologia e quanto do aspecto comunicacional as interações são evidentes; correlacionando à teoria de Vygotsky observa-se que das interações emergem signos e símbolos que estão associados

ao desenvolvimento do indivíduo.

A forma clara e precisa que as concepções de aprendizado e desenvolvimento de Vygotsky nos propõem que os processos que levam ao aprendizado e ao desenvolvimento devem ser repensados adequando-se às novas condições do contexto social. Em um determinado momento o principal mecanismo propulsor do desenvolvimento social, intelectual e cultural dos indivíduos era linguagem e a escrita, hoje os sistemas simbólicos digitais trazem um novo marco histórico composto pela transformação e potencialização dos processos de transmissão de informação e construção do conhecimento.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo buscou analisar o uso da tecnologia móvel de comunicação, bem como, discutir a importância da utilização das novas tecnologias, sobretudo, o celular no processo de ensino e aprendizagem. Para tal, lançou-se mão na teoria de Vygotsky, acerca do conceito de mediação. Neste contexto, os dados do estudo apontam o *mobile learning* como um novo paradigma educacional, sendo possível a sua inserção por meio dos projetos de trabalho de cada escola.

Contata-se ainda que Vygotsky, através de sua teoria, defendia a ideia da forte influência do meio sobre o desenvolvimento do indivíduo através da mediação de instrumentos e signos que internalizam as atividades e comportamentos sócio históricos e culturais; o desenvolvimento acontece por meio de interações sociais, assim sendo, quando ocorrer a mudança de um ambiente para outro ocorrerá o interesse por parte do indivíduo e, por conseguinte, o seu aprendizado.

Assim como apresentado por Moura (2010), um dos aspectos mais relevantes da utilização do telefone celular como ferramenta pedagógica está relacionada ao fato de ser utilizado, no contexto escolar, um aparato tecnológico que é propriedade dos estudantes.

A utilização das novas tecnologias da informação e da comunicação na educação tem consequências, tanto para a prática docente como para os processos de aprendizagem. O futuro sucesso do *m-learning* em ambiente escolar dependerá da predisposição dos professores em adotar as tecnologias móveis na sala de aula.

Contudo, não podemos esquecer que vivemos um momento social transformador, no qual as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação exigem não só da sociedade, mas também do professor e da escola um olhar crítico, no sentido do entendimento dessas transformações, logo, pois, o conhecimento, nessa perspectiva, insere-se numa ecologia cognitiva, onde a mobilidade permite o acesso ao conhecimento de maneira irrestrita a tempos e espaços fixos e determinados, favorece a mobilização instrumental e intelectual dos estudantes para solução de problemas e reconstituição de significados e símbolos, bem como a reconstituição

de aspectos culturais etc. Para tanto, é necessário mudar a forma do ensino baseado na transmissão ou exposição, em que o professor transmite informação para alunos passivos e sem conhecimento.

Os professores devem se transformar em mediadores do conhecimento. Eles precisam acreditar que a integração de uma ou outra tecnologia é positiva para as experiências de aprendizagem. Para tanto, precisam buscar se letrar digitalmente, (re) significando sua prática docente.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. E. B. de. **Informática e Formação de professores**. Brasília: Ministério da Educação, 2000.

BORBA, M.C. (Orgs.). **Educação matemática: pesquisa em movimento**. São Paulo: Cortez, 2004.

JOHNSON, S. **Cultura da Interface: Como o computador transforma nossa maneira de criar e comunicar**. Rio de Janeiro, Jorge Zahar, 2001.

KENSKY, Vani Moreira. **Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação**. Campinas, SP: Papyrus, 2007.

MARANHÃO. **Regimento Escolar dos Estabelecimentos de Ensino da Rede Pública Estadual do Maranhão**. Secretaria de Estado da Educação, São Luís-MA, 2016. Disponível em <<http://www.educacao.ma.gov.br/Regimento-Escolar-dos-Estabelecimentos-de-Ensino-da-Rede-2016-PDF.pdf>> Acesso em: 06 de jun. 2018.

MOREIRA, M.A; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. 2001.

_____. (1995). Monografia nº 7 da Série Enfoques Teóricos. Porto Alegre. Instituto de Física da UFRGS. Originalmente divulgada, em 1980, na série “Melhoria do Ensino”, do Programa de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino Superior (PADES)/UFRGS, Nº11. Publicada, em 1985, no livro “**Ensino e aprendizagem: enfoques teóricos**”. São Paulo, Editora Moraes, p. 9-20. Revisada em 1995.

MILAGRE, José Antônio. **Direito Digital: é legal a proibição de celulares nas escolas do Brasil?** Disponível: <<http://www.migalhas.com.br>> Acesso em: 06 de jun. 2018.

OLIVEIRA, Marta Kohl de, Vygotsky. **Aprendizado e desenvolvimento: um processo Sócio-histórico**. São Paulo: editora Scipione, 1995.

PONTE, J.O **computador: Um Instrumento da Educação**. Lisboa: Texto, 1986.

SANTAELLA, Lucia. **A Ecologia Pluralista da Comunicação: Conectividade, mobilidade, ubiquidade**. São Paulo: Paulus, 2010.

UNESCO. **Diretrizes de políticas para a aprendizagem móvel**. Disponível em <<http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002277/227770por.pdf4>> Acesso em 06 de jun. 2018.

VIGOTSKY, L.S. **Pensamento e Linguagem**. São Paulo, Martins Fontes, 1987.

_____. **A formação social da mente**. 6. ed. Trad. José Cipolla Neto, Luís S. M. Barreto e Solange C. Afeche. São Paulo: M. Fontes, 1998.

BREVE ANÁLISE DA FERRAMENTA CONSTRUCT 2® COMO OBJETO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA

Monys Martins Nicolau

Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de
Cajazeiras (FAFIC)
Cajazeiras - Paraíba

Eryslânia Abrantes Lima

Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de
Cajazeiras (FAFIC)
Cajazeiras - Paraíba

Solon Diego Garcia Moreira

Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de
Cajazeiras (FAFIC)
Cajazeiras - Paraíba

Amanda Oliveira de Miranda

Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de
Cajazeiras (FAFIC)
Cajazeiras - Paraíba

Saymon Bezerra de Sousa Maciel

Unileão - Centro Universitário Dr. Leão Sampaio
Juazeiro do Norte - Ceará

Elder Gonçalves Pereira

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
(UFRN)
Natal - Rio Grande do Norte

RESUMO: O presente artigo constitui-se de uma pesquisa feita com alunos de ensino médio a respeito de desenvolvimento de jogos usando a ferramenta chamada Construct 2®. esta ferramenta foi criada pela empresa Scirra no ano de 2007. O minicurso teve um objetivo

de facilitar a aprendizagem dos alunos e os mostrar um pouco de lógica de programação e a necessidade para resolver problemas do cotidiano. Ao final da pesquisa e com a coleta de dados, obtivemos mais resultados positivos com relação às aulas, o aprendizado e os professores que ministraram a aula. Dessa forma, conseguimos atender o objetivo de mostrar aos alunos um pouco da lógica de programação na Ciência da Computação e a importância da lógica para atender as necessidades de entretenimento de uma forma dinâmica e bem divertida.

PALAVRAS-CHAVE: Construct 2®, Desenvolvimento de jogos, Ciência da Computação.

BRIEF ANALYSIS OF THE TOOL

CONSTRUCT 2® AS EXTENSION OBJECT UNIVERSITY

ABSTRACT: This article is a research done with high school students about game development using the tool called Construct 2®. This tool was created by the company Scirra in the year 2007. The mini-course had a goal of facilitating students' learning and showing them a bit of programming logic and the need to solve everyday problems. At the end of the research and with the data collection, we obtained more

positive results regarding the classes, the learning and the teachers who taught the class. In this way, we were able to meet the objective of showing students a little of the logic of programming in Computer Science and the importance of logic to meet the needs of entertainment in a dynamic and fun way.

KEYWORDS: Construct 2®, Game development, Computer science.

1 | INTRODUÇÃO

Hoje em dia, o mercado tem déficit de profissionais nas áreas de tecnologia, principalmente no que se diz respeito a programação. Muitas empresas praticamente competem por esses profissionais ofertando algumas regalias de forma a atrair e garantir contratações. Programadores precisam estar bem preparados para as exigências do mercado. Sendo assim, para que esse profissional atinja o nível essencial para o trabalho é necessário bastante tempo dedicado a estudos e pesquisas. Como citado em vários artigos encontrados na *Internet* sobre o assunto, um bom programador nunca para de estudar e de se atualizar, já que o mercado tecnológico está em constante evolução, e o resultado disso é o bem-estar de todos os habitantes de nosso planeta. Dessa forma, todas as áreas necessitam de profissionais de tecnologia.

Temos como exemplo a medicina, devido a necessidade de médicos especialistas e a dificuldade de locomoção em determinadas regiões, o uso da tecnologia foi utilizado para criar atendimentos remotos: um paciente de uma certa cidade é atendido por um médico que está a vários quilômetros de distância utilizando equipamentos específicos e um computador com câmera para realizar o diagnóstico, logo após a consulta o médico emite o diagnóstico onde o paciente já pode se tratar de sua enfermidade. Outro exemplo fantástico do uso de tecnologia é o site de pesquisas denominado Google. Segundo o site Olhar Digital, o Google como uma grande empresa tecnológica, mantém indexado em sua ferramenta de busca 30 trilhões de sites, e no momento da digitação entram em cena algoritmos complexo para identificar o que o usuário procura em sua busca. Após a identificação do conteúdo, o buscador procura no seu banco de dados as informações relacionadas, e então ranqueia os sites de acordo com os critérios de qualidades da página.

O projeto buscava alunos concluintes do ensino médio para uma aprendizagem através de um minicurso experimental no intuito de mostrar um pouco desse mundo de algoritmos e a necessidade de resolver problemas cotidianos. A melhor forma de envolver os alunos para a prática foi a de utilizar a ferramenta Construct 2®, que é um programa específico para a criação de jogos para web e que utiliza programação em sua estrutura de desenvolvimento para a criação de *games*. Segundo um artigo publicado no site da Globo, o mercado de *games* já cresceu 600% em 8 anos, e no ano de 2016 faturou R\$ 1,6 bilhões. Tudo se deve pelo aumento de pessoas interessadas na experiência e principalmente na facilidade de acesso promovida

pelos os *Smartphones*. Praticamente todos os jogos digitais utilizam de muita programação, algoritmos e designer para o seu desenvolvimento.

Do ponto de vista metodológico, o trabalho foi realizado da seguinte maneira: na primeira parte do projeto, foi feito o convite aos alunos para despertar o interesse e a curiosidade para a programação, mostrando que sem ela nenhum *game* existiria. Após as inscrições e a apresentação do projeto, os alunos tiveram o seu primeiro contato com o desenvolvimento de jogos através da programação. Como era esperado, a maioria dos alunos tiveram um pouco de dificuldade em sua primeira experiência. Foi utilizado o conceito de game de plataforma que é a criação de estágio em plataforma 2d, geralmente o personagem atravessa a fase da esquerda para a direita sendo desafiado por obstáculos. A curiosidade de desenvolver um estágio para o *game*, colocar elementos de dificuldades, criar o personagem e realizar missões para que a fase seja concluída foram primordiais para a desenvoltura dos alunos em utilizar a programação para a execução do game. Era preciso criar algoritmos que fizesse a contagem de pontos do personagem, como também fazer o controle da vida e morte do mesmo. Criar um chão para que o personagem pudesse se locomover, e também criar obstáculos com plataformas que se moviam. No final o objetivo do *game* era terminar a fase passando os obstáculos desafiadores sem perder o número limitados de vidas que eram reservados ao personagem.

2 | CONSTRUCT 2®

Criado pela empresa Scirra e lançado no ano de 2007, o construct 2® é um software que foi planejado para o desenvolvimento de jogos digitais, popularmente conhecida como *game engine*, na qual permite a criação de jogos para smartphones, tablets, computadores e navegadores em uma plataforma 2D firmados em uma linguagem de marcação “HTML 5” (RAPHAEL DIAS, 2017). Para utilização dessa ferramenta não é necessário nenhum conhecimento prévio de programação, pois é um programa simples e interativo com uma interface rápida e fácil.

O Objetivo do construct 2® é mostrar para os iniciantes que é possível desenvolver um jogo simples, como por exemplo um jogo de plataforma do tipo “corre e pula”. No site da Scirra possui um guia bem detalhado para iniciantes ensinando como fazer esses tipos de jogos.

Alguns jogos bastante conhecidos, como o “*There Is No Game*” e “*Sword Of Fireheart*”, que foi criado por um brasileiro”(SCIRRA ARCADE, 2017), servem de inspiração para iniciantes que desejam começar nesse mundo mágico, pois são jogos simples e de fácil compreensão. No Layout do menu do construct 2® é possível editar, construir e personalizar personagens virtuais como desejar, ou eventos do jogo na qual pode-se elaborar movimentos de interações com o jogo e os jogadores. Esse menu é ideal para iniciantes pois servem como um aprendizado de lógica.

Conforme a imagem 01 vista a seguir, vê-se a tela inicial da ferramenta

Construct 2 ®. Tendo em vista no canto esquerdo as barras de propriedades, no canto direito temos as camadas e projetos, e na parte superior a barra de menu.

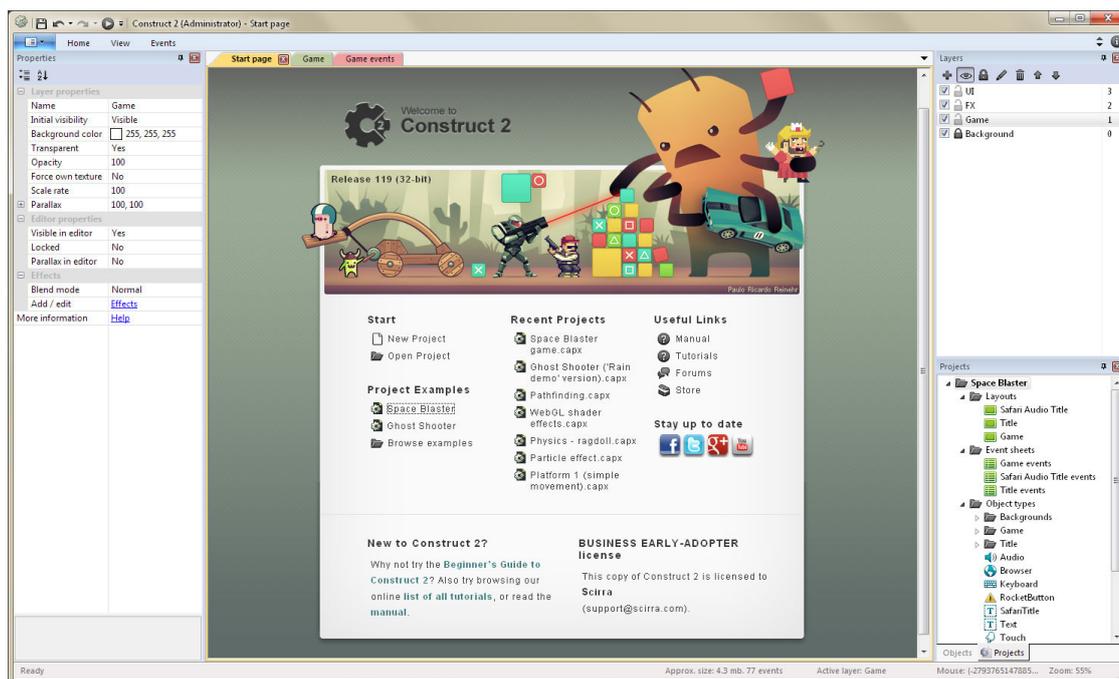


Imagem 01 - tela inicial da ferramenta Construct 2®

Fonte: <https://www.scirra.com/>

A imagem 02, mostrada em seguida, apresenta a tela de um jogo de plataforma criado por alunos do minicurso utilizando a ferramenta Construct 2®.

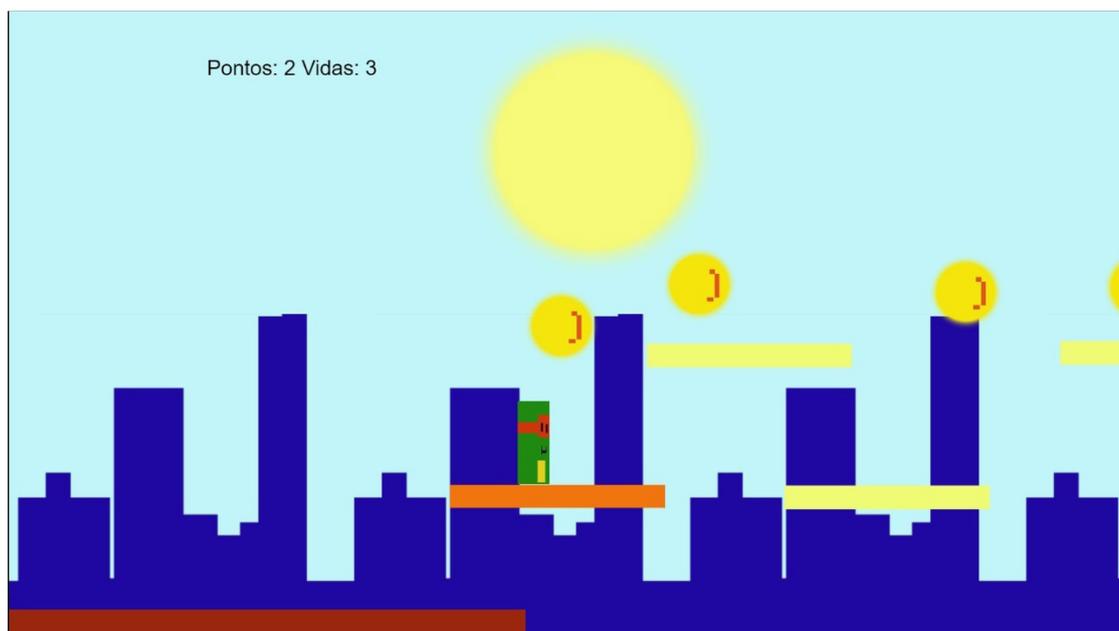


Imagem 02 - Jogo de plataforma

Fonte: Criação própria durante o minicurso ministrado.

A imagem 03 mostrada a seguir, representa a tela de um jogo baseado no

Flappy Bird criado por alunos do minicurso utilizando a ferramenta Construct 2®.

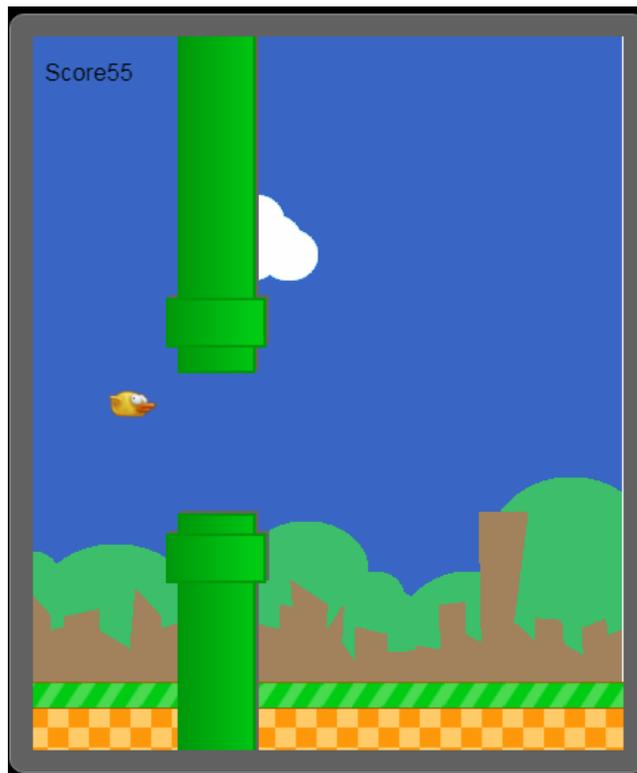


Imagem 03 - Jogo *Flappy Bird*

Fonte: Criação própria durante o minicurso ministrado.

Foram utilizados recursos como exposições de jogos criados e desenvolvidos, com a intenção de serem utilizados no minicurso como forma de estimular a criatividade para tentar despertar a curiosidade científica, e melhorar o senso crítico ao se pensar na carreira a ser seguida.

3 | DESENVOLVIMENTO DO PROJETO CONSTRUCT 2®

Desenvolver o *game* com os alunos, codificar ações e pontuações, e mostrar que esse mesmo *game* pode ser inserido em uma página de *Internet*, foram ações realizadas com o intuito de motivar o aluno de nível médio a estudar Ciência da Computação. A pluralidade dos conteúdos a serem ensinados sempre exigem processos alternativos de ensino-aprendizagem.

Inicialmente, foram elencados os conhecimentos a serem pesquisados mediante pesquisa bibliográfica. Essa pesquisa implicou não apenas adquirir conhecimento por parte dos integrantes/elaboradores do projeto, mas também no estímulo da expressão escrita com a redação de material de divulgação, de relatórios, de material expositivo, de artigos técnicos e de monografias para os trabalhos realizados. Adicionalmente, o domínio, em nível de leitura, de línguas estrangeiras – em particular da língua Inglesa – foi estimulado pela leitura de bibliografia especializada (livros e revistas na área

de desenvolvimento de jogos) ou pela consulta em bibliotecas virtuais disponíveis na *Internet*.

De posse desse material de estímulo e de divulgação, teve-se início a realização de algumas visitas técnicas e de divulgação do Curso de Bacharelado em Ciência da Computação na rede pública e na rede privada de ensino na cidade de Cajazeiras-PB. Isso foi de extrema importância para a construção de um senso empreendedor no futuro profissional e de um elemento motivacional para o público-alvo a ser beneficiado pelo projeto de extensão. Essas visitas implicaram na produção de listas de interessados na participação em palestras e do minicurso ofertado pelos integrantes/elaboradores do projeto de extensão.

O próximo passo foi se concentrar no planejamento e realização de aulas teóricas expositivas suportadas por salas de aulas informatizadas, com a utilização de equipamentos modernos de apresentação, os quais constituem recursos indispensáveis na transferência dos aspectos formais presentes nos conhecimentos a serem trabalhados, de fundamental importância para a sólida formação básica do aluno.

4 | IMPACTOS GERADOS PELO PROJETO

- Benefícios ofertados pela extensão universitária à sociedade;
- Implementação de políticas de fomento a atividades que permitam a integração da instituição de ensino superior à comunidade;
- Incentivar alunos do ensino médio a cursar Ciência da Computação com minicursos e palestras sobre assuntos relacionados à tecnologia e a inovação;
- Ter um panorama dotado de incentivo à adoção de software livre, do fomento ao processo de inclusão digital, da preocupação social e da sustentabilidade ambiental;
 - Esse panorama é quem indica “os novos tempos” emergentes. Não que eles se encontrem em um futuro distante, mas que façam parte do cotidiano da sociedade. O compromisso desse curso com os novos tempos direciona seus esforços para a formação de um profissional capaz de construir e compartilhar conhecimento e entendimento perante a sociedade.
- O professor deixou de ser um mero provedor de fatos, informações e regras para ser um fomentador da aprendizagem e o aluno deixou de ser um receptor passivo de informações para ser um ativo pesquisador e investigador de problemas reais;
- Desenvolvimento de iniciativas que incluíram digitalmente alguns membros da sociedade – profissionais de tecnologia da informação e alunos do ensino médio.

É, então, com a percepção de problemas referentes à realidade que se faz necessária a realização de projetos de extensão que promovam não apenas a adoção

de software livre, como também, o processo de inclusão digital, a preocupação social e a sustentabilidade ambiental.

Espera-se, com isso, não apenas uma contribuição no sentido da inclusão digital, mas também no despertar de uma aptidão em relação à computação, mais especificamente no tocante à Ciência da Computação, Tecnologia e Inovação. Isso entra em consonância com uma das preocupações também citada no texto do Projeto Político Pedagógico do curso: formar profissionais capacitados a atuar num mercado de trabalho sujeito às transformações aceleradas, oferecendo-lhes uma formação fundamental ampla na área e uma formação de empreendedorismo para garantir a sua sobrevivência profissional futura. Vale a pena ressaltar que essa preocupação é pertinente o suficiente para ser tratada nas etapas iniciais, e não apenas nas etapas finais do processo de formação profissional.

5 | RESULTADOS DO MINICURSO OFERTADO

Foi realizada uma pesquisa com os alunos que participaram do minicurso de desenvolvimento de jogos, em que o objetivo era transmitir conhecimento sobre a criação de jogos até aprimorar conhecimentos. Houve várias sugestões para ter mais tempo de minicurso, como também outros minicursos relacionados à programação e desenvolvimento de jogos.

Obtendo os dados dos alunos, podemos perceber no gráfico 01 referente à expectativa atendida dos alunos em relação ao minicurso, que 87,5% responderam que as suas expectativas foram atendidas. 12,5% responderam que não.

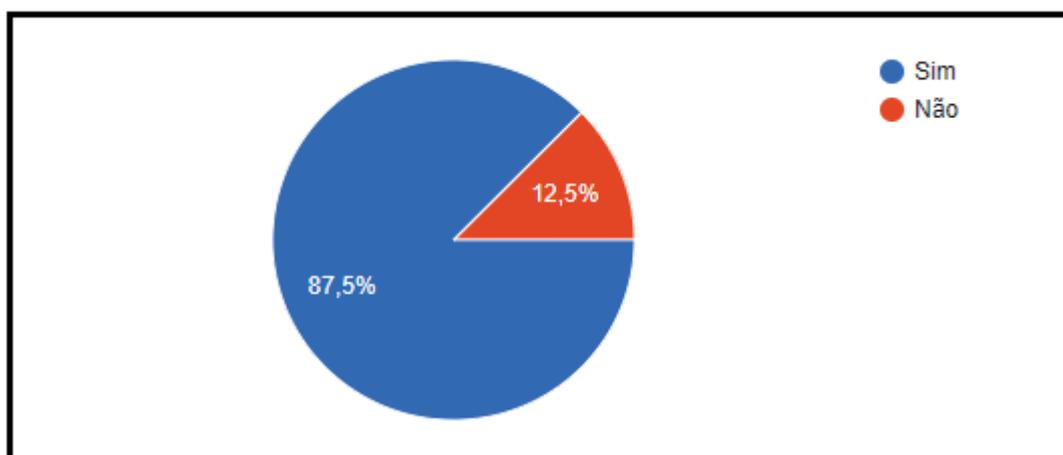


Gráfico 01 - Expectativa atendida dos alunos em relação ao minicurso.

Fonte: Pesquisa realizada pelos alunos nos meses de Julho a Agosto de 2017.

No gráfico 02, referente ao conhecimento adquirido pelos alunos, 100% destes responderam que adquiriram conhecimento durante as aulas ofertadas.

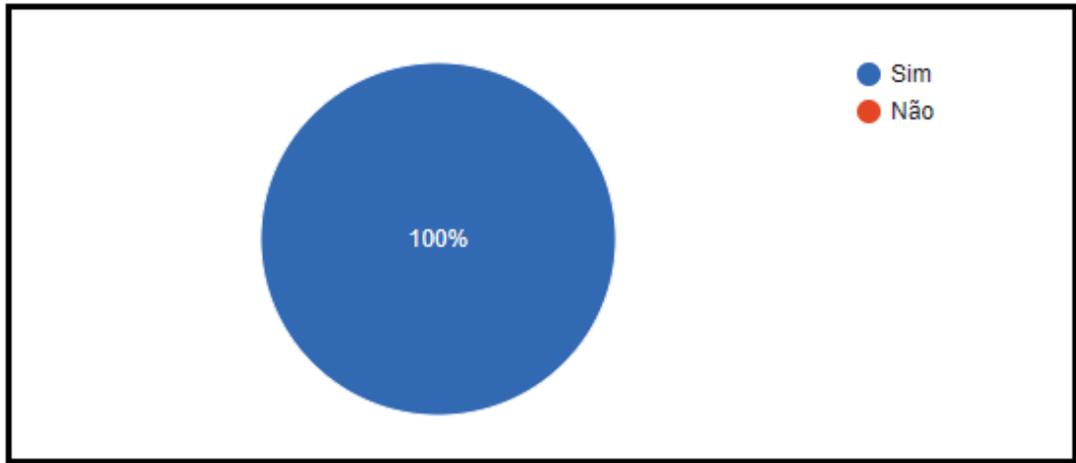


Gráfico 02 - Conhecimento adquirido pelos alunos.

Fonte: Pesquisa realizada pelos alunos nos meses de Julho a Agosto de 2017.

No gráfico 03, relativo ao conhecimento prévio da ferramenta utilizada, 6,3% dos alunos responderam que já possuíam o conhecimento da ferramenta. 93,8% responderam que não tinham conhecimento antes do minicurso.

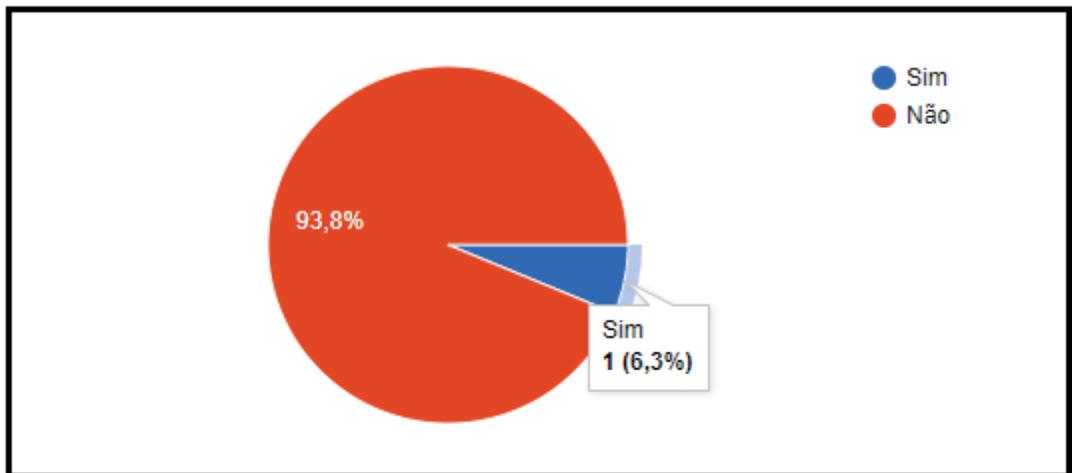


Gráfico 03: Conhecimento prévio da ferramenta.

Fonte: Pesquisa realizada pelos alunos nos meses de Julho a Agosto de 2017.

No gráfico 04, relativo à avaliação da ferramenta construct 2®, 87,5% responderam que gostaram de usar a ferramenta na criação de jogos e 12,5% responderam que não.

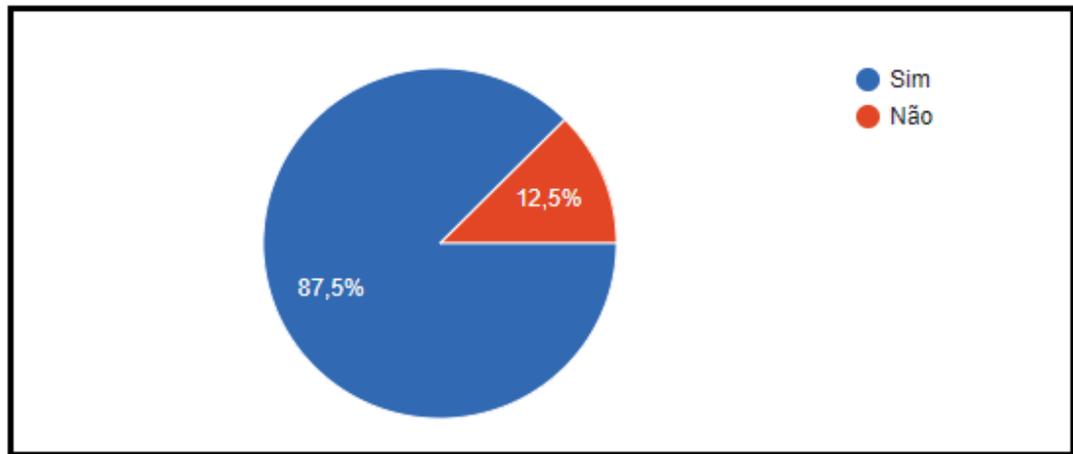


Gráfico 04 - Avaliação da ferramenta Construct 2®.

Fonte: Pesquisa realizada pelos alunos nos meses de Julho a Agosto de 2017.

No gráfico 05, sobre a avaliação da metodologia de ensino do minicurso, 25% qualificaram como ótimo, 68,8% como boa e 6,3% como regular.

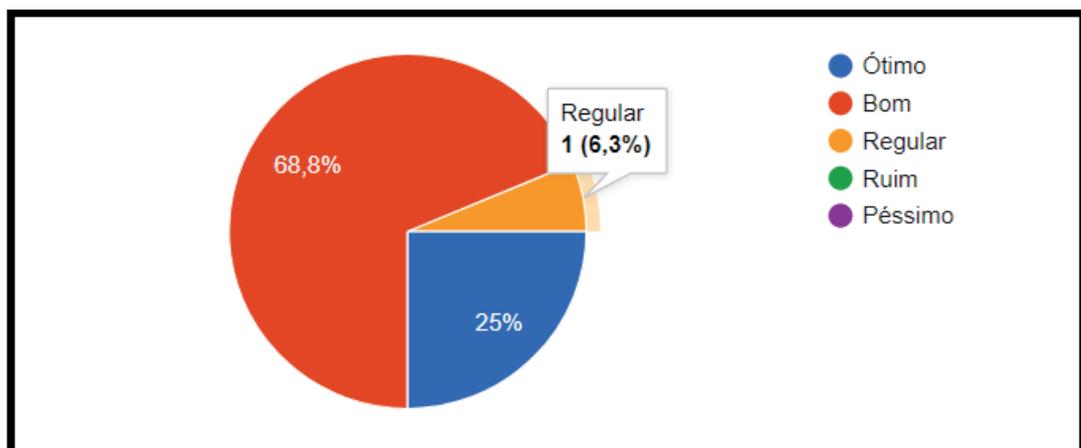


Gráfico 05 - Avaliação da metodologia de ensino do minicurso.

Fonte: Pesquisa realizada pelos alunos nos meses de Julho a Agosto de 2017.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao término do minicurso, todos experimentaram programação para criação de jogos, e no final conseguiram demonstrar desenvoltura para o desenvolvimento de jogos. Dessa forma, conseguimos atender o objetivo que era mostrar aos alunos uma introdução a lógica de programação, e a importância da lógica para atender as necessidades de entretenimento de uma forma dinâmica e bem divertida. Contudo o resultado era despertar o interesse para que esses alunos procurassem um curso superior em tecnologia, e assim, diminuir um pouco do déficit de profissionais na área de tecnologia, principalmente em nossa região.

REFERÊNCIAS

DIAS, Raphael. **Produção de jogos: Construct 2: O guia completo.** Disponível em: <<http://producaodejogos.com/construct-2/>>. Acesso em: 23 Jul. 2017.

GLOBO. Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/negocios/noticia/numero-de-desenvolvedores-de-games-cresce-600-em-8-anos-diz-associacao.ghtml>>. Acesso 3 Ago 2017.

OLHAR Digital. Disponível em: <<https://olhardigital.com.br/noticia/google-mostra-aos-usuarios-como-funciona-sua-ferramenta-de-busca/33012>>. Acesso 16 Jul 2017.

SCIRRA. **The start page.** Disponível em: <<https://www.scirra.com/construct2>>. Acesso em: 15 Jul. 2017.

SCIRRA. **What is construct 2.** Disponível em: <<https://www.scirra.com/manual/11/start-page>>. Acesso em: 15 Jul. 2017.

SCIRRA ARCADE. **There is no game.** Disponível em: <<https://www.scirra.com/arcade/adventure-games/there-is-no-game-817>>. Acesso em: 27 Jul. 2017.

SCIRRA ARCADE. **Sword of fireheart (demo).** Disponível em: <<https://www.scirra.com/arcade/rpg-games/sword-of-fireheart-demo-845>>. Acesso em: 25 Jul. 2017.

PERCEPÇÃO DOCENTE SOBRE AS DIFICULDADES DOS ACADÊMICOS NA ELABORAÇÃO DE RELATÓRIOS EXPERIMENTAIS DE QUÍMICA

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

Hudinilson Kendy de Lima Yamaguchi

Mestre em Engenharia de Produção. Graduado em Administração, docente na área de Metodologia de trabalho científico. Instituto de Federal do Amazonas, Estrada Coari Itapeua, 69460-000, Coari, Amazonas, Brasil. hkendy@gmail.com

Vera Lúcia Imbiriba Bentes

Doutora em Química. Instituto de Saúde e Biotecnologia, Universidade Federal do Amazonas, Estrada Coari Mamiá, Espírito Santo, 69460-000, Coari, Amazonas, Brasil. @gmail.com

RESUMO: Este trabalho apresenta como objetivo avaliar a dificuldade dos discentes na elaboração de relatórios experimentais em Química e propor alternativas de intervenção mais apropriadas ao processo de aprendizagem almejado, baseadas na realidade dos estudantes. O procedimento metodológico constituiu-se de análise qualitativa e quantitativa. A pesquisa foi desenvolvida no Instituto de Saúde e Biotecnologia da Universidade Federal do Amazonas, por meio de questionários com perguntas abertas e fechadas aplicadas

aos professores que ministram as disciplinas de Química Experimental (Geral, orgânica, Inorgânica analítica e Físico-Química). Os resultados obtidos demonstraram que as principais dificuldades dos discentes pode ser correlacionada com a falta do hábito de leitura e compreensão dos textos científicos. Por meio da pesquisa, foi possível diagnosticar as principais dificuldades para elaboração de relatórios científicos vivenciadas no cotidiano acadêmico dos discentes, contribuindo para futuros trabalhos com a temática apresentada.

PALAVRAS-CHAVE: Dificuldade; Escrita científica; Amazonas; Ensino de Química.

TEACHING PERCEPTION OF THE DIFFICULTIES OF UNDERGRADUATE STUDENT FOR WRITING A LABORATORY REPORT

ABSTRACT: This study aims to evaluate the difficulty of students in the elaboration of laboratory reports in Chemistry and propose alternatives of intervention more appropriate to the learning process aimed at, based on the reality of the students. The methodological procedure consisted of qualitative and quantitative analysis. The research was developed at the Institute of Health and Biotechnology of the Federal University of Amazonas, through

questionnaires with open and closed questions applied to the professors that teach the subjects of Experimental Chemistry (General, Organic, Analytical Inorganic and Physical-Chemical). The obtained results demonstrated that the main difficulties of the students can be correlated with the lack of habit of reading and understanding the scientific texts. Through the research, it was possible to diagnose the main difficulties for the elaboration of scientific reports lived in students' academic daily life, contributing to future works with the presented theme.

KEYWORD: Difficult scholar; scientific writing; Amazonas; Chemistry teaching.

1 | INTRODUÇÃO

Os textos científicos são ferramentas importantes para apresentações de resultados e atividades desenvolvidas na graduação. Entre eles, tem-se os relatórios de atividades experimentais como um dos requisitos para as disciplinas práticas.

A escrita dos relatórios deve obedecer a critérios semelhantes àqueles do método científico e apresenta uma linguagem característica, com objetividade, clareza e o correto uso de termos, de forma que as informações e os conteúdos aprendidos podem ser transmitidos de forma eficiente (Oliveira Jr, 2015).

Na universidade, percebe-se que uma grande quantidade de acadêmicos universitários encontra dificuldade em redigir relatórios das disciplinas experimentais, seja devido a estruturação do trabalho (formatação), seja pela dificuldade em interpretar os dados obtidos. Detectar esses pontos torna-se uma importante ferramenta para auxiliar no processo de aprendizagem da escrita acadêmica.

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar as possibilidades e as formas de reduzir as dificuldades na elaboração de relatórios experimentais dos estudantes universitários do Instituto de Saúde e Biotecnologia (ISB) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM) a fim de propor alternativas de intervenção mais apropriadas ao processo de aprendizagem almejado, baseadas na realidade dos estudantes.

2 | FORMAÇÃO ACADÊMICA E ESCRITA CIENTÍFICA

A praxe metodológica para o ensino superior vem apresentado um crescente aumento, privilegiando diferentes abordagens, o que é o cerne da universidade, dada como uma instituição social, que visa o desenvolvimento sócio-cultural e econômico do país, tendo, além do papel de formar os cidadãos e os profissionais, para a contribuição e desenvolvimento constante de conhecimentos. Para Bridi; e Aguiar Pereira (2004) as atividades desenvolvidas nesse contexto proporcionam grande satisfação aos universitários, além de oportunizar a realização da investigação científica, despertando a originalidade de pensamento e maturidade intelectual.

Em paralelo a este cenário de realizações proporcionado pela universidade,

tem-se um problema que vem sendo frequentemente reportado pelos docentes, que é a dificuldade dos discentes frente a redação de escritas científicas, como o trabalho de conclusão de curso, relatórios e artigos.

As aulas experimentais comumente são avaliadas pela elaboração de relatórios experimentais. Segundo a NBR 10719/2015, os relatórios técnicos são definidos como um: “documento que descreve formalmente o progresso ou resultado de pesquisa científica e/ou técnica” (ABNT, 2015, p3). O relatório técnico-científico deve possuir o rigor científico como premissa, descrevendo um processo de intervenção prática realizada em uma organização, devendo ser composto por: a) uma parte introdutória, que apresenta os objetivos do relatório e as razões de sua elaboração; b) o desenvolvimento, que detalha a pesquisa ou estudo realizado e c) as considerações finais” (ABNT, 2015, p8).

De acordo com Mesquita *et al.* (2016) complementada por Santos *et al.* (2013, p1), a frequente dificuldade dos discentes na elaboração de relatórios técnicos está relacionada as limitações de abstração de conceitos, elaboração e compreensão de modelos científicos e o surgimento de concepções alternativas. Mesquita, *et al* (2016) entendem que o processo de compreensão, desenvolvimento e maturidade acadêmica requer tempo, disponibilidade e principalmente, a vontade do discente para mudar este cenário, pois esse processo:

“Fundamenta-se na certeza de que o aluno é sujeito ativo no processo de construção do seu conhecimento, cumprindo ao professor a condução dos processos de ensino e aprendizagem pelo permanente desafio do raciocínio do aluno e pela progressiva integração de novos conhecimentos às experiências prévias (GODOY, 2004, p.599)

Os estudos de Parisotto (2004) levam a um parecer concomitante, pois, ao constatar que os discentes dispõem de poucos momentos reservados à produção de texto, o autor descreve que quando possuem “esse tempo”, os equívocos didáticos são significativos, desencadeando uma ausência de textos que possam ser considerados coesos e coerentes.

As referências de formação acadêmicas dissertadas por Schaurich; Cabral e Almeida (2007) para o mundo globalizado da atualidade, exige a formação de um discente dotado de novas posturas em face dos obstáculos e desafios impostos, com a necessidade de formação de indivíduos autônomos, livres, críticos, reflexivos, inovadores e criativos.

Para atingir este intelecto, o discente necessita de um acompanhamento docente, onde o professor, atua como co-participante no processo de aprendizagem, necessitando atender as exigências das novas abordagens educacionais, pois o docente, segundo Dullius; Marchi; Haetinger (2010), tem sido historicamente exposto a uma série de desafios, os quais incluem acompanhar as descobertas científicas e tecnológicas, constantemente manipuladas e inseridas no cotidiano a fim de tornar os avanços e teorias científicas palatáveis aos discentes.

Neste contexto, compreende-se que a perspectiva docente acerca das dificuldades dos discentes é importante para que ocorra uma análise autocrítica, detectando os desafios na formação acadêmica, sejam em instituições públicas ou privadas, pois o mundo contemporâneo é extremamente dinâmico e a educação deve ser contínua, não limitando-se aos estudos formais.

Na construção de um paralelo da formação docente, Castro (2003, p16) em sua obra faz um comparativo à formação docente a de um pianista que “desde os primeiros dias, um pianista aprende a tocar piano tocando piano e fica o tempo todo sob a tutela de alguém mais experiente”. Nessa perspectiva, é escrevendo que se aprende escrever e é por meio da leitura que a compreensão dos textos é facilitada.

As conclusões de Parisotto (2004) direcionam para as seguintes considerações: a aprendizagem e o aperfeiçoamento é um longo processo que não se esgota na formação inicial nem depende única e exclusivamente dos professores, pois, cabe ao discente dotar-se de leitura técnica e poder desenvolver um censo crítico, sensibilidade social e com integridade intelectual frente ao processos metodológicos e experimentais.

3 | RELATÓRIOS EXPERIMENTAIS EM QUÍMICA

Os relatórios de atividades experimentais de disciplinas de química elaborados por discentes do curso de graduação, são instrumentos de avaliação de grande relevância e comumente utilizados para mensurar a capacidade de leitura, compreensão, interpretação e construção de textos científico-tecnológicos pelos discentes através dos relatórios descritivos de aula práticas realizada nas disciplinas de química experimental (*Oliveira et al.*, 2010).

A realização da experimentação facilita ao discente relacionar a teoria à prática possibilitando maior entendimento de conteúdos teóricos abordados em livros, artigos, apostilas e/ou outros registros de conhecimentos científicos de ciências de forma contextualizada e construtivista para a formação acadêmica científica, propiciando ao graduando o desenvolvimento de competências e habilidades relacionadas à linguagem científica, tanto para a prática da ciência, quanto para seu aprendizado.

São diversas as formas de comunicação da cultura científica, um conjunto de símbolos criados para representar os fenômenos e os modelos teóricos existentes, os quais podem ser demonstrados através da escrita, tabelas, gráficos, equações, e representações visuais é uma característica inerente à atividade científica (*Oliveira, J. R. S.; Queiroz, S. L.*, 2014).

As disciplinas experimentais são realizadas com o objetivo de demonstrar um fenômeno, uma reação baseada em princípios teóricos, com o intuito de coletar dados, testar hipóteses a partir de observações reais, além de adquirir familiaridade com aparatos de laboratórios e até montagem de sistemas (*Ferreira, et al.*; 2010). Para a

realização dos procedimentos experimentais são disponibilizados aos discentes um roteiro de condução do processo, uma espécie de receita a ser seguida, contendo o passo a passo de como fazer, o que facilita a execução da atividade proposta.

4 | METODOLOGIA

A metodologia utilizada nesta pesquisa apresentou abordagem qualitativa e quantitativa por meio de uma pesquisa bibliográfica e uma pesquisa de campo. A abordagem quantitativa caracteriza-se como um estudo descritivo de caráter exploratório (SEVERINO, 2000). A primeira etapa consistiu na revisão bibliográfica e busca de teorias para fundamentação do estudo incluindo o levantamento de dados a partir do sistema acadêmico com intuito de embasar o estudo de campo. Os dados encontrados acerca da temática são apresentados na revisão bibliográfica.

A segunda etapa constituiu-se da análise de um relato de experiência baseada no questionário com perguntas abertas e fechadas aplicado a professores que ministram aulas experimentais de Química: Química Geral, Química Analítica, Química Orgânica, Química Inorgânica e Físico-Química. As análises apresentaram caráter descritivo, buscando descrever as dificuldades e as características dos problemas encontrados na perspectiva docente.



Figura 1: Metodologia utilizada na pesquisa e a ilustração da problemática. Fonte: Elaborado pelos autores

A amostragem participante foi composta por docentes do Instituto de Saúde e Biotecnologia da Universidade Federal do Amazonas (ISB-UFAM) no município de Coari, Amazonas, Brasil. O critério adotado para seleção foi o do aceite dos envolvidos em participar do projeto por meio do termo de Consentimento Livre e

Esclarecido.

Abaixo, são reproduzidas as questões aplicadas aos participantes:

1. Quantas disciplinas experimentais diferentes que precisassem da elaboração de relatórios científicos você já ministrou?
2. Cite as disciplinas
3. Quais partes do relatório você percebe que os alunos apresentam mais dificuldade em escrever?
4. Quais partes do relatório você acredita que os alunos apresentam menor grau de dificuldade em escrever?
5. Você costuma utilizar recursos adicionais na elaboração de práticas experimentais?
6. Se sim, qual?
7. Na sua opinião, quais dificuldades os alunos mais apresentam para produzir um relatório?
8. O que você sugere para auxiliar os discentes na elaboração de relatórios?
9. Você acredita que a participação em pesquisa científica possa influenciar na elaboração de relatórios científicos?

Os dados obtidos foram tabulados e analisados quantitativamente de modo a apresentá-los sob a forma de percentual e de número absoluto. A análise de dados deu-se por meio da proporção entre o número de indivíduos que forneceram cada resposta e o total de docentes que responderam às perguntas. Além disso, também se pôde aplicar, sobre o material coletado, uma análise qualitativa das respostas. Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística utilizando o programa Excel para Windows.

5 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Saber escrever envolve saber comunicar-se corretamente. No entanto, nem sempre essa comunicação é transmitida de forma hábil por meio dos relatórios experimentais. Nessa pesquisa avaliou-se a dificuldade dos discentes em expressar os conhecimentos adquiridos nas aulas experimentais na perspectiva dos docentes. Participaram dessa avaliação 6 professores, sendo 3 com titulação de doutorado, 1 mestre e 2 graduados. As disciplinas ministradas descritas pelos participantes foram: Química Geral, Orgânica, Analítica, Inorgânica e Físico-Química, todas experimentais.

As aulas de química experimental são comumente realizadas na seguinte ordem: 1) *Orientação sobre a elaboração dos relatórios das aulas práticas*; 2) *Disponibilização do procedimento experimental impresso com no mínimo 48 horas de antecedência à realização da prática*; 3) *Realização da aula experimental no*

As disciplinas de Química Experimental são componentes da matriz curricular do curso de Licenciatura em Ciências: Biologia e Química no Instituto de Saúde Biotecnologia – UFAM/Campus Coari-AM, ofertada para alunos do 2º ao 8º período. Entretanto, durante a avaliação dos relatórios elaborados pelos graduandos, várias observações em relação às dificuldades na construção do instrumento avaliativo, o relatório, foram ratificadas e pertinentes em uma variedade de relatórios. O relatório é comumente constituído de partes, tais como: *i) Identificação; ii) Referencial Teórico; iii) Objetivos; iv) Materiais e Reagentes; v) Metodologia ou Procedimentos Experimentais; vi) Resultados e Discussão; vii) Conclusão; viii) Referências e ix) anexos.*

O relatório é um instrumento com registros em linguagem científica, que relata as observações e averiguações científicas comprobatórias do conhecimento teórico de registros, leis, reações, fenômenos visuais ou não, atestando os princípios e/ou hipóteses científicas através de observações e registros, confrontados com teorias científicas, de maneira a despertar maior interesse pelos conteúdos teóricos abordados de forma prática, na experimentação. Entretanto, o conhecimento teórico de conteúdos de química pode ser adquirido através de leituras constantes de textos científicos que abordem os conteúdos explorados nos experimentos propostos, possibilitando ao acadêmico o desenvolvimento do pensar científico aliado a melhor compreensão de modelos, estruturas, fenômenos, reações e etc.

Por meio da experimentação é possível despertar no acadêmico habilidades de propor hipóteses, observar, registrar, analisar, tirar conclusões e refletir sobre o próprio conhecimento teórico em relação a abordagem experimental. A elaboração de relatórios científicos deve contribuir para o aprendizado dos conceitos e mecanismos químicos, além de iniciar os acadêmicos a escrita científica e a pesquisa na educação superior.

Nos resultados, verificou-se que segundo dos docentes, os acadêmicos apresentam dificuldades relacionadas a elaboração do referencial teórico e discussão dos resultados (figura 2). A dificuldade descrita na demonstra que os itens reportados podem ser relacionados ao contexto da falta de leitura, manifestado por meio da ineficiência que alguns alunos apresentam ao escreverem o aporte teórico dos relatórios e a utilizarem como base para as discussões dos resultados experimentais. A seguir são pontuados alguns itens descritos pelos docentes:

1. Revisão Bibliográfica do tema, insuficiente para um embasamento teórico;
2. Dificuldades de expressar a linguagem correta de tempos verbais e impessoal, sujeito indeterminado;
3. Registros de resultados experimentais desorganizados e as vezes contraditórios;
4. Resultados com discussões superficiais, ausência de tabelas, gráficos,

reações, ilustrações, proposição de hipóteses, etc.

A busca pela informação bibliográfica em adição aos resultados observados em uma aula experimental sedimenta a aprendizagem teórica, permitindo que o estudante consiga compreender e analisar as informações obtidas, emitindo reflexões críticas sobre o que foi estudado. Segundo Oliveira Jr (2015), o conhecimento da literatura e o domínio da metodologia apropriada são essenciais para resolver problemas científico-tecnológicos que tragam avanços significativos para o ensino e pesquisa.

Na pesquisa realizada por Yamaguchi e Furtado (2018), esses dois itens (referencial teórico e discussão dos resultados) também foram citados como entraves na elaboração de textos científicos. Segundo as autoras, essas dificuldades são comumente ocasionadas pela falta de compreensão dos textos.

A elaboração dos objetivos e a conclusão foram os itens considerados com menor grau de dificuldade e isso demonstra que os alunos entendem o que precisam escrever, no entanto, confundem-se ao desenvolverem as atividades propostas. Os resultados referentes a estas questões (item 3 e 4) podem ser visualizadas na figura 2.

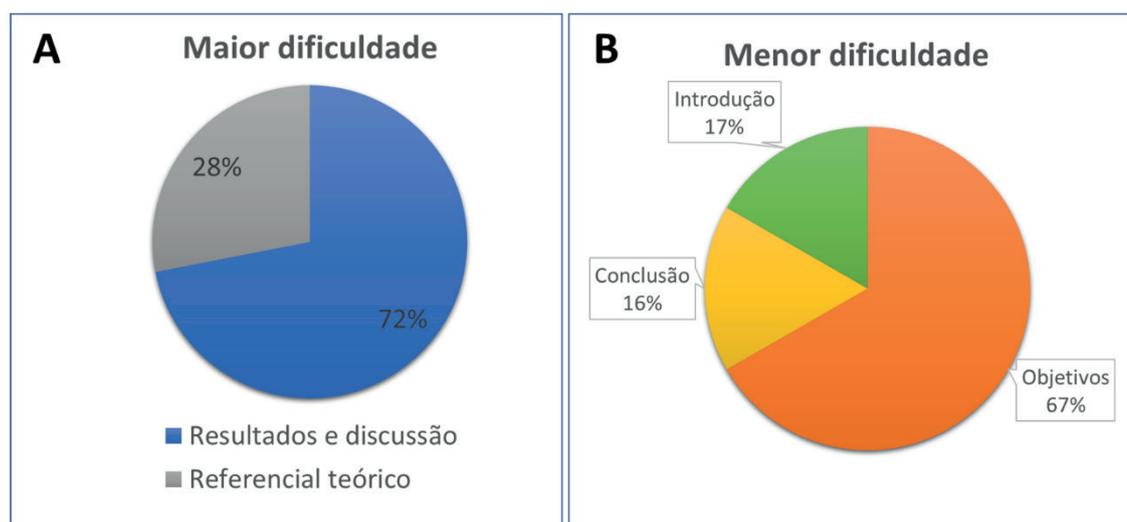


Figura 2: Avaliação dos itens com A) maior e B) com menor dificuldade dos discentes.
Fonte: Elaborado pelos autores

Analisando os recursos adicionais utilizados pelos docentes em complementação às práticas experimentais (questão 8), reportou-se o uso regular de artigos nas disciplinas, produção de mídias visuais (vídeos) e relatos de experiência.

Todos os docentes (100%) acreditam que a participação dos acadêmicos em pesquisas científicas auxilia na elaboração dos relatórios experimentais (questão 9). Sabe-se que ao participar de projetos de Iniciação científica os participantes devem estar sintonizados com os acontecimentos mais atuais, além de precisar ter um embasamento dos estudos realizados até o momento. Assim, os pesquisadores inseridos em um projeto acabam sendo cobrados naturalmente a terem um

conhecimento científico que é adquirido pela leitura.

A elaboração de oficinas de redação técnica, cursos de redação, leitura e pesquisa em banco de dados foram ferramentas que os professores sugeriram para serem utilizados como auxílio desse processo. O resumo das contribuições e reflexões dos docentes é ilustrado na figura 3.

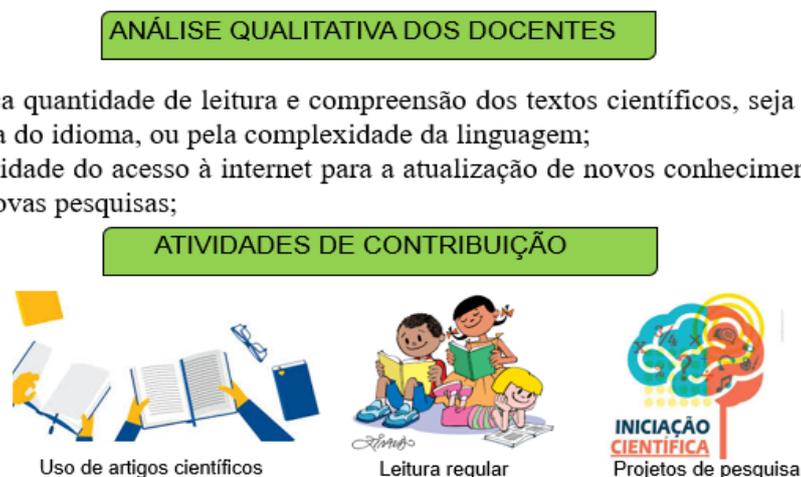


Figura 3: Análise dos docentes em relação as dificuldades dos discentes na elaboração de relatórios científicos. Fonte: Elaborado pelos autores

Os relatos obtidos mostraram-se diversificados e suficientemente ricos em características que, em maior ou menor grau, são comuns à realidade da maioria dos cursos universitários. Com os resultados observados, tornou-se evidente a necessidade de se implementar ações na educação superior para suprir as dificuldades na produção de relatórios das disciplinas experimentais. Sanar ou ao menos minimizar essas dificuldades torna-se essencial para que a aprendizagem plena seja alcançada e para que a produção de relatórios experimentais estimule a produção intelectual dos discentes.

6 | CONCLUSÃO

Por meio da pesquisa, foi possível diagnosticar as principais dificuldades para elaboração de relatórios científicos nas disciplinas de Química experimental vivenciadas no cotidiano acadêmico dos discentes do Instituto de Saúde e Biotecnologia (ISB/UFAM). Diante das observações citadas, acredita-se que a principal contribuição para esses resultados pode estar diretamente relacionado à falta habitual da leitura e apropriação do conhecimento teórico científico, reduzido atualmente na era digital pelos jovens adolescentes que não conseguem filtrar a grande e constante demanda de informações aliada a comodidade dos alunos frente a realização efetiva de uma revisão bibliográfica que possibilite o despertar crítico, questionador e investigativo do graduando da atualidade acadêmica. Logo,

é necessário o desenvolvimento de métodos educacionais capazes de despertar o interesse dos alunos por leituras científicas utilizando a modernidade eletrônica disponível no mundo atual. Ao serem detectados os pontos em que os estudantes apresentam maior dificuldade torna-se possível uma intervenção para atenuar esse quadro.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 10719/2015: Informação e documentação — Relatório técnico e/ou científico — Apresentação. Rio de Janeiro, 2015.

BRIDI, Jamile Cristina Ajub; DE AGUIAR PEREIRA, Elisabete Monteiro. O impacto da iniciação científica na formação universitária. *Olhar de professor*, v. 7, n. 2, 2004.

DULLIUS, Maria Madalena; MARCHI, M. I.; HAETINGER, C. Metodologias para o Ensino de Ciências Exatas. X Encontro sobre Investigação na Escola, 2010.

FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R.; OLIVEIRA, R. C. Ensino Experimental de Química: Uma Abordagem Investigativa Contextualizada. *QUÍMICA NOVA NA ESCOLA*. Ensino Experimental de Química. v. 32, n. 2, 2010.

GODOY, Christine Baccarat de. O curso de enfermagem da Universidade Estadual de Londrina na construção de uma nova proposta pedagógica. *Rev. latinoam. enferm*, v. 10, n. 4, p. 596-603, 2002.

MASSI, L.; QUEIROZ, S. L. Investigando processos de autoria na produção do relatório de Iniciação Científica de um graduando em química. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 18, n. 2, p. 271-290, 2012.

MEDEIROS, J. B. *Redação científica: a prática de fichamentos, resumos, resenhas*. 11. Ed. São Paulo: Atlas, 2013.

MOTTA, I. L. O. M. Dificuldades na escrita dos alunos de ensino superior: uma análise das narrativas escritas dos alunos da Faculdade Eduvale. *Revista Científica Eletrônica*. v.3, n. 05, 2010.

OLIVEIRA Jr, O. N. A técnica da escrita científica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. V. 37, n.2, 2201, 2015.

OLIVEIRA, J. R. S.; BATISTA, A. A.; QUEIROZ, S. L. Escrita Científica de Alunos de Graduação em Química: Análise de Relatórios de Laboratório. *Quim. Nova*, v. 33, n. 9, 1980-1986p., 2010.

OLIVEIRA, J. R. S.; QUEIROZ, S. L. Textos Científicos de Autoria de Graduandos em Química: Análise dos Professores. *Quim. Nova*, v. 37, n. 9, 1559-1565p, 2014.

PARISOTTO, Ana Luzia Videira. *Produção textual e formação docente: uma relação possível*. 2004.248 f. 2004. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Letras)-Faculdade de Ciências e Letras, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Assis.

SANTOS, Anderson Oliveira et al. Dificuldades e motivações de aprendizagem em Química de alunos do ensino médio investigadas em ações do (PIBID/UFS/Química). *Scientia plena*, v. 9, n. 7 (b), 2013.

SCHAURICH, Diego; CABRAL, Fernanda Beheregaray; ALMEIDA, Miriam de Abreu. Metodologia da problematização no ensino em enfermagem: uma reflexão do vivido no PROFAE/RS. *Escola Anna Nery: Revista de Enfermagem*. Rio de Janeiro. Vol. 11, n. 2 (jun. 2007), p. 318-324, 2007.

YAMAGUCHI, K. K. L.; FURTADO, M. A. S. Dificuldades na leitura e na escrita de textos científicos de estudantes universitários do interior do Amazonas. EDUCAÇÃO ON-LINE (PUCRJ), v. 28, p. 108-125, 2018.

PROPOSTA DE UM INSTRUMENTO PARA LEVANTAMENTO DE REQUISITOS FUNCIONAIS PARA A CONSTRUÇÃO DE UMA FERRAMENTA DE GESTÃO DO CONHECIMENTO NA INDÚSTRIA DE SOFTWARE

Gisele Caroline Urbano Lourenço

Centro Universitário de Maringá - Unicesumar,
Discente do Programa de Pós-Graduação
Stricto Sensu em Gestão do Conhecimento nas
Organizações
Maringá – Paraná

Mariana Oliveira

Centro Universitário de Maringá - Unicesumar,
Discente do Programa de Pós-Graduação
Stricto Sensu em Gestão do Conhecimento nas
Organizações
Maringá – Paraná

Danieli Pinto

FACEC - Faculdade de Administração e Ciências
Econômicas, Docente Administração
Cianorte – Paraná

Nelson Tenório

Centro Universitário de Maringá - Unicesumar,
Docente do Programa de Pós-Graduação
Stricto Sensu em Gestão do Conhecimento nas
Organizações
Maringá – Paraná

Pedro Henrique Lobato

Centro Universitário de Maringá – Unicesumar,
Graduando em Engenharia de Software
Maringá – Paraná

Amanda Vidotti

Centro Universitário de Maringá – Unicesumar,
Mestre em Gestão do Conhecimento nas
Organizações
Paranavaí - Paraná

RESUMO: Gerenciar o conhecimento dentro das organizações é essencial para manter a sustentabilidade nos negócios em um mercado altamente competitivo. Tal gerenciamento faz-se essencial para as organizações pertencentes a indústria de software. Isso porque, essa indústria está em franco crescimento e busca continuamente formas efetivas para lidar com o conhecimento organizacional. Nesse contexto, a Gestão do Conhecimento (GC) pode ser destacada uma vez que oferece ferramentas para lidar com esse conhecimento. Essas ferramentas, tais como, *chats*, *wikis* e e-mail podem se tornar uma solução para executar os processos da GC nas organizações. Infelizmente, muitas dessas ferramentas não oferecem todo o ciclo da GC e acabam desencadeando problemas para as organizações que as utilizam, como: silos de informação, perda do conhecimento organizacional, e falta de mensuração do conhecimento organizacional. Assim, o objetivo deste capítulo é propor um instrumento para o levantamento dos requisitos funcionais para a construção de uma ferramenta voltada a GC aderente as organizações da indústria de software. Para se alcançar esse objetivo realizou-se uma pesquisa exploratória bibliográfica a fim de dar subsídios suficientes para compor o instrumento aqui apresentado. O resultado deste trabalho é tal instrumento que pode ser aplicado em uma pesquisa de campo.

PALAVRAS-CHAVE: Ferramenta; Concepção; Disseminação; Sistema;

PROPOSAL FOR AN INSTRUMENT FOR FOLLOW-UP OF FUNCTIONAL REQUIREMENTS FOR A KNOWLEDGE MANAGEMENT TOOL IN THE SOFTWARE INDUSTRY

ABSTRACT: Managing knowledge within organizations is essential to maintaining business sustainability in a highly competitive marketplace. Such management becomes essential for organizations belonging to the software industry. That is because, this industry is booming and is continually seeking effective ways to deal with organizational knowledge. In this context, Knowledge Management (KM) can be highlighted since it offers tools to deal with this knowledge. These tools, such as chats, wikis, and e-mail, can become a solution for running KM processes in organizations. Unfortunately, many of these tools do not offer the entire KM cycle and end up unleashing problems for the organizations that use them, such as: silos of information, loss of organizational knowledge, and lack of measurement of organizational knowledge. Thus, the objective of this chapter is to propose an instrument for the survey of the functional requirements for the construction of a tool geared to KM adhering to the organizations of the software industry. In order to achieve this objective, an exploratory bibliographical research was carried out in order to give sufficient subsidies to compose the instrument presented here. The result of this work is such an instrument that can be applied in a field research.

KEYWORDS: Tool; Conception; Dissemination; System;

1 | INTRODUÇÃO

Gerenciar o conhecimento organizacional tem se tornado um fator de grande relevância atualmente para as organizações. Para tanto, a GC pode auxiliar uma vez que é pautada na construção, renovação e aplicação sistemática e explícita do conhecimento nas organizações a fim de maximizar o potencial das atividades realizadas (WIIG, 1999). Assim, é um processo que permite a organização saber como efetivamente utilizar o conhecimento para obter vantagem competitiva. Diante desse cenário, as organizações pertencentes a indústria de software estão adotando a GC não só pela vantagem competitiva, mas também para aprimorar o conhecimento organizacional (GOLDONI; OLIVEIRA, 2010).

No Brasil a adoção da GC pela indústria de software está se tornando mais abrangente uma vez que o crescimento na exportação do produto resultante dessa indústria aumentou consideravelmente. Dessa forma, o relatório da Associação Brasileira das Empresas de Software (ABES, 2016) aponta que em treze anos o Brasil cresceu aproximadamente 145% nas exportações de software. Em 2002 exportava em torno de US\$ 100 milhões e em 2015 exportou pouco mais de US\$ 245 milhões de software, sendo o oitavo colocado no ranking mundial e estando à

frente de países como Austrália (9°), Itália (10°), Índia (13°) e Rússia (15°). Ainda segundo o relatório, o mercado doméstico de software brasileiro movimentou US\$ 2,7 bilhões em 2015. Portanto, nota-se que a indústria de software brasileira está em franca expansão e consolidação no mercado mundial. Dessa forma, tal indústria é essencial para economia do País. Nesse cenário, Pinto et al. (2016) salientam que integrar a GC aos meios da indústria de software é decisivo uma vez que essas organizações são dinâmicas e complexas, pertencendo a um ambiente sujeito à várias mudanças tecnológicas.

Para promover a GC as organizações utilizam diversas ferramentas, como: ambiente *wiki*, ferramentas de buscas avançadas, repositórios de documentos, dentre outras (YOUNG, 2010). Alguns dos problemas em se adotar diferentes ferramentas para as práticas de GC são: i) a falta de estrutura na informação. A maioria das ferramentas promove práticas de GC sem estruturar as informações e isso desencadeia a criação de silos de conhecimento, no qual fica restrito a uma pessoa ou a um grupo de pessoas; ii) a falta de estrutura na informação armazenada nas ferramentas. As informações desestruturadas fazem com que o conhecimento seja perdido ao longo do tempo porque as pessoas tendem a não se lembrarem de palavras-chave para resgatar temas ou assuntos discutidos. Isso ocorre principalmente com o uso de ferramentas como o *chat* o e-mail; iii) a falta de integração entre as ferramentas. A maioria das ferramentas não são integradas o que dificulta a rastreabilidade e a mensuração do conhecimento organizacional. Assim, não se consegue saber o quanto uma pessoa ou equipe conhece de um determinado assunto. Medir o conhecimento é importante porque aumenta a visibilidade da organização se a GC está atingindo os resultados esperados.

Diante desse cenário, o objetivo deste capítulo é propor um instrumento para o levantamento dos requisitos funcionais para a construção de uma ferramenta voltada a GC aderente as organizações da indústria de software. Assim, este capítulo encontra-se organizado em cinco seções. Além desta Introdução, a segunda seção trata da Gestão do Conhecimento, contendo duas subseções: uma delas diz respeito a Gestão do Conhecimento na indústria de software e a outra traz explanações acerca das ferramentas tecnológicas. Na terceira seção relatam-se os procedimentos metodológicos empregados na pesquisa, que clarificam como os dados foram obtidos e analisados, e na seção seguinte são apresentados os resultados obtidos. Por fim, na quinta seção constam as conclusões da pesquisa, seguida das referências utilizadas.

2 | GESTÃO DO CONHECIMENTO NA INDÚSTRIA DE SOFTWARE

Na indústria de software, gerenciar o conhecimento tem se tornado essencial. Além disso, um dos principais desafios das organizações da indústria de software é de

utilizar o conhecimento como uma forma de gerenciamento e problemas relacionados à gestão (SANTOS *et al.*, 2018). Diante disso, Nawinna (2011) evidencia que por se tratarem de organizações dinâmicas e complexas, utilizar os processos alinhados com o suporte de ferramentas torna o processo cíclico e dinâmico.

Nesse sentido, quando o conhecimento é adicionado em processos, essas organizações conseguem alcançar maior produtividade e inovação devido ao fato do conhecimento dos indivíduos estarem diretamente relacionado ao produto final (FENTON; BIEMAN, 2014). Desta maneira, adotar esses processos pode-se conseguir, de acordo com Sveiby (1998) um desempenho organizacional que esteja ligado à eficácia das pessoas em criar novo conhecimento, compartilhá-lo e utilizá-lo para melhoria contínua das organizações. Nesse contexto, a GC surge para dar suporte ao conhecimento produzido por essas organizações, pois, possui o propósito de maximizar a capacidade de incorporação do conhecimento em seus processos, negócios e serviços (AURUM; DANESHGAR; WARD, 2008).

Assim, a indústria de software está inserida em um ambiente de constantes mudanças, e necessita de processos para aprimorar e renovar o conhecimento organizacional. Nesse sentido, a GC torna-se essencial para essa indústria, pois é caracterizada por organizar, sistematizar, compartilhar e aplicar o conhecimento organizacional. Além disso, gerenciar esse conhecimento é essencial para que essas organizações consigam se destacar em um mercado altamente competitivo.

2.1 Ferramentas tecnológicas

Atualmente o fluxo de novas informações recebidas pelas pessoas tem sido constante e intenso. Logo, a todo instante por meio de diferentes tecnologias, tais como, tv, celular, e internet, recebemos essas novas informações que conseqüentemente afetaram fundamentalmente a comunicação em uma organização (TUOMI, 2001). A comunicação pode ser estabelecida usando o textos, mensagens, fotos e vídeos por meio de ferramentas (PANAHI; WATSON; PARTRIDGE, 2016). Essas ferramentas são eficazes pois são capazes de identificar e atualizar os conhecimentos nas práticas individuais e coletivas da organização (GONÇALVES; VASCONCELOS, 2011).

Entre essas ferramentas, pode-se salientar as que são essencialmente pautadas nas Tecnologias da Informação e Comunicação (TICS), pois fornecem subsídios a GC, oferecendo as organizações a captura, compartilhamento e armazenamento do conhecimento (SOUSA, 2015). Nesse sentido, Costa, Moura e Luna (2009) destacam que a boa usabilidade das ferramentas tecnológicas contribuem para um melhor uso do conhecimento organizacional, possibilitando facilidade na localização e no compartilhamento de alguma informação caso ela exista. No entanto, o uso dessas ferramentas tecnológicas deve ser relacionado à um processo constante, no qual seja inserido no sistema de decisão da organização (CASTELLS, 1999).

Daim *et al.* (2012) destaca que as ferramentas tecnológicas possuem duas características principais, a primeira refere-se a servir como um meio de planejamento

e a segunda diz respeito a ser utilizada como um meio de comunicação. Esse planejamento, de acordo com o autor envolve as boas práticas e a necessidade de informação e comunicação entre as partes interessadas na organização. Já a segunda envolve a o papel da comunicação para armazenar o conhecimento organizacional para fins de rastreamento e tomada de decisão (DAIM et al., 2012).

Portanto, as ferramentas tecnológicas podem ser vistas como uma forma de lidar com o conhecimento organizacional, por meio da identificação e localização das informações nela pertencentes. Dessa forma, é possível também oportunizar um planejamento de boas práticas e permitir um papel eficaz da comunicação dentro da organização por meio de tais ferramentas.

3 | METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa de cunho qualitativo e exploratório. Inicialmente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica em bases de dados científicas e livros a fim de se elaborar um formulário de entrevista voltado para o levantamento dos requisitos funcionais de um ambiente de apoio à GC em organizações da indústria de software.

Apesar de todos os esforços empregados pelas organizações, a GC não é uma tarefa simples de ser realizada, pois ‘conhecimento’ é algo muito complexo e exige um olhar apurado e rigoroso por parte da organização (JANNUZZI; FALSARELLA; SUGAHARA, 2016). Orofino (2011) destaca que todo conhecimento presente na organização só é importante na medida em que ele possa ser compartilhado. Desse modo, para que o conhecimento seja útil à organização é necessário que deixe de existir apenas na mente dos indivíduos. Para isso, é fundamental que o conhecimento seja externalizado e socializado para que outros indivíduos tenham acesso, criando-se assim, novos conhecimentos (MOREIRA, 2005). Nesse contexto, as organizações precisam estabelecer sistemas estruturados capazes de identificar, capturar, armazenar e distribuir o conhecimento (DOROW; CALLE; RADOS, 2015), no qual caracteriza a GC como um processo cíclico e dinâmico. Esse processo cíclico e dinâmico pode ser definido por etapas diferentes e interdependentes, relacionadas à criação, aquisição, disseminação, desenvolvimento e aplicação do conhecimento na organização a fim de gerar valor na organização (LAVERDE, ORTIZ, ADRIANA; BARAGAÑO; SARRIEGUI DOMINGUEZ, 2003).

De acordo com Dalkir (2011), esses processos formam os ciclos da GC e estão relacionados com todas as etapas que envolvem a captura, aquisição e internalização do conhecimento, representando o caminho percorrido pela informação para que ela se transforme em um ativo estratégico para as organizações. Turban, Leidner, MClean e Wetherbe (2010) destacam que a gestão do conhecimento se caracteriza como um processo cíclico devido ao fato do conhecimento estar condicionado ao ambiente onde ele está contido. Isto pois o ambiente muda constantemente e, conseqüentemente, o conhecimento precisa ser atualizado a fim de refletir essas

mudanças.

Diferentes condutas teóricas relacionadas com os ciclos da GC e seus processos podem ser encontradas na literatura. Dalkir (2011) traz que, dentre os modelos de ciclos, os mais influentes incluem o modelo de Wiig (1993), Meyer e Zack (1996), Bukowitz e Willians (2002) e McElroy (2003). Portanto, este trabalho adota as etapas, conforme apresenta o Quadro 1.

Processo de GC	Descrição do processo
Captura e/ou criação do conhecimento	Compreende a identificação e codificação do conhecimento existente no ambiente organizacional e/ou a criação de um novo conhecimento a partir das informações já existentes.
Compartilhamento e disseminação do conhecimento	Refere-se ao fluxo do conhecimento capturado ou criado dentro da organização. Como tornar o conhecimento individual disponível para todos?
Aquisição e aplicação do conhecimento	Para quem o conhecimento capturado ou criado se destina? Onde o conhecimento adquirido no ambiente de trabalho pode ser aplicado?

Quadro 1 – Etapas do processos GC para uma ferramenta.

Fonte: elaborado pelos autores com base em Dalkir (2011).

As etapas apresentadas evidenciam o caminho que o conhecimento faz ou deveria fazer dentro das organizações. Porém, esses processos não acontecem isoladamente e segundo Servin (2005) precisam ter como base tecnologia e pessoas atuando de forma interdependentes, independente das ferramentas e técnicas de GC utilizadas. Desse modo, o uso de ferramentas e práticas de GC são essenciais para que ocorra o ciclo do conhecimento nas organizações. Os processos de GC precisam ser apoiados por estruturas ou ferramentas, baseadas em tecnologia, essenciais para a eficiência e eficácia de suas funções (ROSSETTI; MORALES, 2007) muitas não têm visão clara de como incorporá-la e transformá-la em vantagem competitiva. A escassez de estudos comprovando que a GC faz diferença no desempenho organizacional, e a cultura, talvez sejam os fatores mais influentes na promoção ou inibição de práticas de GC. Há empresas que usam ferramentas de Tecnologia da Informação (TI). Tais ferramentas tem como função extrair o conhecimento tácito das pessoas e torná-lo disponível a todos da organização.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O instrumento para o levantamento de requisitos foi definido com base nas boas práticas da área de Engenharia de Software definidas pela compreensão do gerenciamento de requisitos e como ele dá suporte para as outras atividades relacionadas as organizações da indústria de software (SOMMERVILLE, 2010).

Constatou-se assim que o instrumento deveria conter as questões apresentadas no Quadro 2. As questões abertas (de 1 a 8) visam investigar as funcionalidades da GC por meio de entrevistas semiestruturadas. As questões fechadas (9 e 10) visam investigar o grau de entendimento e de importância da GC no dia-a-dia do profissional entrevistado, onde, para essas últimas optou-se por utilizar uma adaptação da escala de Likert (BERTRAM, 2007; LIKERT, 1932).

Questão	Objetivo
1. Atualmente, como é gerenciado o conhecimento dentro da empresa?	Investigar como o conhecimento da empresa é gerenciado.
2. De que modo conhecimento é (ou pode ser) criado dentro da empresa?	Investigar a forma (ou as formas) que o conhecimento é criado dentro da empresa
3. De que modo o conhecimento é (ou pode ser) armazenado e organizado dentro da empresa?	Investigar a forma (ou as formas) que o conhecimento é armazenado dentro da empresa.
4. De que modo conhecimento é (ou pode ser) compartilhado / disseminado dentro da empresa?	Investigar a forma (ou as formas) que o conhecimento é compartilhado dentro da empresa.
5. De que modo o conhecimento é (ou pode ser) acessível/utilizado por todos na empresa?	Investigar como o conhecimento é utilizado dentro da empresa.
6. Quando se inicia um novo projeto é feita alguma procura sobre o seu em bases de conhecimentos? Se sim, quais? Se não, quais poderiam ser feitas?	Investigar o uso de base de conhecimento e as suas estratégias para se conhecer um novo projeto.
7. Você tem a rastreabilidade do conhecimento dentro da sua empresa, por exemplo, sabe qual equipe ou pessoa possui determinado conhecimento em um determinado assunto e, ainda, o seu grau de conhecimento sobre esse assunto? Se sim, como isso é feito? Se não, como isso poderia ser feito?	Investigar a necessidade e as estratégias de rastreabilidade de conhecimento.
8. Existe alguma forma de medir o conhecimento (geral, da equipe de uma pessoa, de algum assunto específico) na empresa? Se sim, qual(is) e como? Se não, qual(is) seriam interessantes e como isso poderia ser feito?	Investigar a importância da mensuração do conhecimento da empresa para os gestores e as equipes.
Para as questões 9 e 10 será utilizada a escala adaptada de Likert (BERTRAM, 2007; LIKERT, 1932), onde as possíveis respostas são: (1)Nunca; (2)Quase nunca; (3)Raramente; (4)Algumas vezes; (5)Quase sempre; (6)Usualmente; e (7)Sempre.	
9. Em qual grau, sendo de 1 à 7, você acredita que uma ferramenta baseada em software e voltada para o gerenciamento do conhecimento da empresa, lhe ajudaria nas tomadas de decisão em suas tarefas diárias com relação aos projetos de TI?	Investigar o grau que uma ferramenta de software de GC ajudaria as tomadas de decisões nos projetos da empresa.
10. Qual grau de importância você acredita que Gestão do Conhecimento ajuda a sua empresa nas tomadas de decisão dos projetos por ela executados?	Investigar a importância que o especialista enxerga a GC para a empresa e seus projetos.

Quadro 2 – Questionário para levantamento de requisito de um ambiente de GC.

5 | CONCLUSÃO

O formulário aqui apresentado tem como objetivo levantar requisitos funcionais para a construção de uma ferramenta voltada a GC aderente as organizações da indústria de software, por meio de entrevistas formais e semiestruturadas. Assim, a principal contribuição de tal instrumento refere-se ao fato de possibilitar as organizações da indústria de software levantar requisitos de ferramentas que apoiem os processos da GC. Dessa forma, esse instrumento colabora com a área de GC e de ES no sentido de ser específico para esse tipo de levantamento e não um instrumento com características genéricas. Isso porque, as organizações pertencentes a indústria de software possui características específicas e necessitam de um instrumento no qual seja aderente. Por fim, o passo seguinte será aplicar esse instrumento em organizações da indústria de software para que seja validado.

REFERÊNCIAS

AURUM, A.; DANESHGAR, F.; WARD, J. Investigating Knowledge Management practices in software development organisations - An Australian experience. **Information and Software Technology**, v. 50, n. 6, p. 511–533, 2008.

ABES. **Brazilian Software Market: scenario and trends, 2016**. Disponível em: <[http://central.abessoftware.com.br/Content/UploadedFiles/Arquivos/Dados 2011/ABESPublicacao-Mercado-2016.pdf](http://central.abessoftware.com.br/Content/UploadedFiles/Arquivos/Dados%202011/ABESPublicacao-Mercado-2016.pdf)>. Acesso em: 19 ago. 2016.

BERTRAM, D. Likert scales. **Retrieved November**, v. 2, p. 2013, 2007.

BUKOWITZ, W. R.; WILLIAMS, R. L. **Manual de gestão do conhecimento: ferramentas e técnicas que criam valor para a empresa**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

CASTELLS, M. **A sociedade em rede**. São Paulo: Paz e Terra, 1999.

COSTA, C. P. C. P.; DE MOURA, H. P.; LUNA, A. J. H. DE O.; MOURA, H. P. DE. **Modelos de Maturidade de Gestão do Conhecimento: Uma Análise Comparativa**. III ERCEMAPI. Anais... Recife: 2009

DAIM, T. U.; HA, A.; REUTIMAN, S.; HUGHES, B.; PATHAK, U.; BYNUM, W.; BHATLA, A. Exploring the communication breakdown in global virtual teams. **International Journal of Project Management**, v. 30, n. 2, p. 199–2012, 2012.

DALKIR, K. **Knowledge management in theory and practice**. 2. ed. England: MIT Press, 2011.

DOROW, P. F.; CALLE, G. A. D.; RADOS, G. J. V. Ciclo de conhecimento como gerador de valor: Uma proposta integradora. **Revista ESPACIOS**, v. 36, n. 12, 2015.

FENTON, N.; BIEMAN, J. **Software metrics: a rigorous and practical approach**. 2. ed. London: International Thomson Computer Press, 2014.

- GOLDONI, V.; OLIVEIRA, M. Knowledge management metrics in software development companies in Brazil. **Journal of Knowledge Management**, v. 14, n. 2, p. 301–313, 2010.
- GONÇALVES, S. F. R.; VASCONCELOS, M. C. R. L. DE. Práticas e Ferramentas de Gestão do Conhecimento no Âmbito da Administração Tributária de Minas Gerais: Oportunidade para uma Política Institucional. In: **Encontro Nacional da ANPAD - EnANPAD**, p. 1–16, 2011.
- JANNUZZI, C. S. C.; FALSARELLA, O. M.; SUGAHARA, C. R. Gestão do conhecimento: um estudo de modelos e sua relação com a inovação nas organizações. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 21, n. 1, p. 97–118, 2016.
- LAVERDE ORTIZ, ADRIANA, M.; BARAGAÑO, A. F.; SARRIEGUI DOMINGUEZ, J. M. **Knowledge Processes : On Overview of the Principal Models**. 3rd European Knowledge Management Summer School. **Anais...**San Sebastian: 2003
- LIKERT, R. **A technique for the measurement of attitudes**. New York: Columbia University Press, 1932.
- MCELROY, M. W. **The new knowledge management: complexity, learning, and sustainable innovation**. London: Routledge, 2003. v. 1
- MEYER, M. H.; ZACK, M. H. The design and development of information products. **Sloan Management Review**, v. 37, n. 3, p. 43–59, 1996.
- MOREIRA, D. A. **Teoria e prática em gestão do conhecimento: Pesquisa exploratória sobre consultoria em gestão do conhecimento no Brasil**. Tese (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, p.174. 2005.
- NAWINNA, D. P. A model of Knowledge Management: Delivering competitive advantage to small & medium scale software industry in Sri Lanka 2011. **6th International Conference on Industrial and Information Systems**, ICIIS 2011, p. 414–419, 2011.
- OROFINO, M. A. R. **Técnicas de criação do conhecimento no desenvolvimento de modelos de negócio**. Tese (Mestrado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, p. 223. 2011.
- PANAHI, S.; WATSON, J.; PARTRIDGE, H. Information encountering on social media and tacit knowledge sharing. **Journal of Information Science**, 2016.
- PINTO, D.; VIDOTTI, AMANDA F. TATTO, L.; BORTOLOZZI, FLÁVIO TENÓRIO JR., N. **A Importância da Gestão do Conhecimento para as Organizações**. Congresso Congresso Internacional de Ciência, Tecnologia e Inovação. **Anais...**Umuarama: UNIPAR, 2016
- ROSSETTI, A.; MORALES, A. B. O papel da tecnologia da informação na gestão do conhecimento. **Ciência da Informação**, v. 36, n. 1, p. 124–135, 2007.
- SANTOS, M.; LOURENÇO, G. C. U.; GOMES, L. R. L.; BORTOLOZZI, F.; TENÓRIO, N. Managing Knowledge Products: A System Architecture addressed to Software Industry. **Perspectivas em Gestão & Conhecimento**, v. 8, p. 155–166, 2018.
- SERVIN, G. ABC of Knowledge Management. **National Library for Health: Knowledge Management**, n. July, p. 1–68, 2005.
- SOMMERVILLE, I. **Software engineering**. New York: Addison-Wesley, 2010.
- SOUSA, M. A. B. Gestão do Conhecimento: Uma Contribuição ao seu Entendimento. **Revista de**

Administração e Negócios da Amazônia, 2015.

SVEIBY, K. E. **A nova riqueza das organizações**. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

TUOMI, I. From periphery to center: Emerging research topics. **Knowledge Society Technology Review**, v. 16, p. 1–63, 2001.

TURBAN, E.; LEIDNER, D.; MCLEAN, E.; WETHERBE, J. **Tecnologia da Informação para Gestão: Transformando os Negócios na Economia Digital**. São Paulo: Bookman, 2010.

WIIG, K. M. **Knowledge Management Foundations: Thinking about Thinking - how People and Organizations Represent, Create, and Use Knowledge**. Arlington: Schema Press, 1993.

WIIG, K. M. Introducing knowledge management into the enterprise. In: **Knowledge Management Handbook**. New York: CY Press, 1999. p. 3.1–3.41.

YOUNG, R. **Knowledge Management Tools and Techniques Manual**. Asian Productivity Organization Hirakawacho Chiyodaku Tokyo Japan (Vol. 1). Disponível em: <http://www.apo-tokyo.org/publications/files/ind-43-km_tt-2010.pdf> Acesso em 14 mai. 2019.

O SOFTWARE GEOGEBRA: MEDIADOR DA APRENDIZAGEM DE CONCEITOS DE GEOMETRIA DE UMA ALUNA NÃO ALFABETIZADA

Taiane de Oliveira Rocha Araújo

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia –
UESB

Vitória da Conquista - Bahia

Maria Deusa Ferreira da Silva

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia –
UESB

Vitória da Conquista - Bahia

RESUMO: Este relato refere-se a uma experiência vivenciada durante uma pesquisa de mestrado realizada em um colégio estadual da cidade de Vitória da Conquista. A pesquisa foi realizada em duas intervenções: a primeira com uma turma do eixo VII e a segunda com o eixo IV. Durante a experiência no eixo IV, foi identificado que uma aluna não sabia ler nem escrever, ou seja, não era alfabetizada. Isso gerou discussões entre mestrande e orientadora sobre como seria o desenvolvimento da proposta de atividades com essa aluna. A partir disso, foi decidido que as aulas seriam gravadas durante os encontros e que a professora pesquisadora faria a leitura das questões para que a aluna pudesse realizar as construções dos entes geométricos no *software* GeoGebra. No decorrer do relato são apresentadas as discussões e os questionamentos que surgiram durante os encontros, as dificuldades apresentadas pela aluna e pela professora pesquisadora, e

a percepção da aluna em relação à mediação da tecnologia para a formação dos conceitos geométricos.

PALAVRAS-CHAVE: Não-alfabetizada. Geometria. Mediação. GeoGebra.

ABSTRACT: This report refers to an experience during a master's research done at a state college in the city of Vitória da Conquista. The research was carried out in two interventions: the first with a class from VII axis and the second with the IV axis. During the experience in axis IV, was identified that one student could not read or write, in other words, she was not literate. It generated discussions between master student and teacher about how it would be the development of the activities proposal with this student. From this, it was decided that the classes would be recorded during the meetings and that the researcher teacher would read the questions so that the student could perform the constructions of geometric entities in GeoGebra software. In the course of the report, the discussions and questions that came up during the meetings, the difficulties presented by the student and the researcher teacher, and the student's perception related to the mediation of the technology for the formation of the geometric concepts are presented.

KEYWORDS: Non-literate. Geometry. Mediation. GeoGebra.

BREVE RESUMO DE COMO SURTIU O RELATO

Em setembro de 2016, ingressei no Programa de Pós Graduação em Ensino, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, na cidade de Vitória da Conquista – Bahia. O título da minha dissertação é “Formação de Conceitos de Geometria Plana na EJA com o *Software GeoGebra*” e o objetivo geral da pesquisa foi analisar a formação de conceitos geométricos na Educação de Jovens e Adultos mediada pelo uso do *software GeoGebra*.

Resolvi pesquisar essa temática em função de minhas experiências com o público da EJA vivenciada, ainda, na graduação e perceber que o ensino de geometria nessa modalidade de ensino é limitado e, às vezes, nem é explorado. Além disso, meu conhecimento e experiências voltados para o ensino de geometria com o uso do *software GeoGebra* me fizeram ver nele uma ferramenta potencializadora e estimulante para o desenvolvimento cognitivo e para a aprendizagem desses alunos.

Desse modo, já no mestrado, minha orientadora e eu buscamos consolidar os aspectos teóricos-metodológicos que iriam fundamentar a pesquisa. Depois de várias leituras e discussões, vimos no Constructo Teórico Seres-Humanos-com-Mídias (BORBA; VILLARREAL, 2005), o embasamento teórico que daria suporte sobre a importância da utilização de tecnologias no processo de ensino e aprendizagem da matemática. Para respaldar a formação de conceitos e a aprendizagem, nos deparamos com a Teoria de Assimilação por Etapas das Ações Mentais e dos Conceitos de Galperin (NÚÑEZ, 2009).

Quanto à abordagem metodológica, a pesquisa foi de caráter qualitativo (BODGAN; BIKLEN, 1994), do tipo pesquisa intervenção (CHIZZOTTI, 2006). Para a produção dos dados, utilizamos como técnicas: diário de bordo, observação, atividade diagnóstica, conjunto de atividades matemáticas – Base orientadora da Ação (BOA): um roteiro de atividade que orienta e instrui o aluno em como proceder durante a construção dos entes geométricos no *software GeoGebra*, e entrevistas. Para a análise dos dados, nos baseamos na análise de conteúdo de Bardin (1977) e na triangulação de dados e de teorias proposta por Moreira e Rosa (2016).

Os alunos da Educação de Jovens e Adultos foram o público alvo da pesquisa, realizada em duas intervenções: na primeira, com alunos do eixo VII – referente ao ensino médio, na qual havia cerca de 20 alunos presentes; e na segunda, com alunos do eixo IV – referente ao ensino fundamental II, na qual apenas 2 alunas frequentavam as aulas (com o decorrer dos encontros, foi totalizada a presença de 4 alunos).

O que nos motivou a fazer esse relato foi a experiência vivenciada na segunda intervenção com o eixo IV. Isso porque havia apenas duas alunas na sala (inicialmente) e uma delas não sabia ler nem escrever, ou seja, ela era não alfabetizada, apesar de estar cursando na EJA o equivalente ao Ensino Fundamental II. Ao nos depararmos com essa situação ficamos sem saber como orientar essa aluna durante

os encontros e, sobretudo, como identificar se ela estava conseguindo, de fato, formar os conceitos geométricos, se nem conseguia ler o que era solicitado nos roteiros de atividades. Então, junto com minha orientadora, discutimos como deveria ser o procedimento dos encontros com essa aluna.

Após as discussões, decidimos que iríamos gravar os encontros, com a autorização da aluna, para depois conseguir ouvir os áudios e identificar como foi seu processo de aprendizagem. Ao nos referirmos a essa aluna, vamos utilizar o nome fictício Vitória.

Como dito anteriormente, havia um conjunto de atividades matemáticas -BOA, que orientava o desenvolvimento das atividades no *software* GeoGebra. Todavia, com essa aluna, como já assinalado, isso não foi possível, uma vez que ela não sabia ler. Então, como a turma só tinha duas alunas, inicialmente, foi possível acompanhá-la individualmente. Desse modo, durante os encontros, fazíamos a leitura da BOA para Vitória e ela fazia as construções dos entes geométricos no *software* GeoGebra, e, à medida que ela fazia as construções, era questionada sobre o porquê e como havia feito daquele modo.

DESENVOLVIMENTO DAS BOA COM O SOFTWARE GEOGEBRA

Antes de iniciar as atividades com o *software* GeoGebra, fizemos algumas observações da aula do professor regente, para ver o desenvolvimento das alunas durante as aulas. Foi nessas observações que identificamos que Vitória não era alfabetizada o suficiente para conseguir ler e escrever o que o professor fazia. Isso foi percebido durante uma atividade, na qual, Vitória ficava olhando para o caderno da colega e tentava copiar o que estava escrito. No fim da aula perguntamos o porquê ela estava copiando e sua resposta foi porque não sabia ler e nem escrever. Ao observar o que Vitória havia copiado eram apenas rabiscos, algumas palavras. Ela conseguia copiar, ou seja, imitava o traçado das letras que ela via no caderno da colega, mas não entendia o que estava copiando.

Então, o primeiro passo foi aplicar uma atividade diagnóstica para identificar o conhecimento prévio dos conceitos geométricos. A figura 1 apresenta uma das questões dessa atividade. O objetivo dessa questão foi identificar se os itens se assemelhavam com a ideia de ponto, de reta ou de plano. Para Vitória responder a essa atividade foi lido o enunciado, ela respondeu e marcamos um X na resposta falada por ela.

Item	Ponto	Reta	Plano
a) Um fio de alta tensão esticado.		X	
b) O gramado de um campo de futebol.			X
c) O furo na orelha para colocar um brinco.			X
d) Uma praia deserta.	X		
e) A quina de um armário.	X		
f) A parede lateral de um prédio.		X	
g) Um fio de linha esticado.		X	
h) Uma formiga no chão, vista do alto.		X	
i) Um prego fincado na parede.			X
j) O trilho do trem.		X	

Figura 1. Resposta da atividade diagnóstica de Vitória

Fonte: Dados da pesquisa (2017)

Ao analisar essas respostas de Vitória percebemos que não há um padrão entre elas. Ela respondeu de modo aleatório e, com isso, identificamos que ela não tinha ideia da noção de ponto, de reta e de plano.

A questão seguinte (figura 2) pedia para enumerar as figuras do seguinte modo: 1- quando fosse triângulo, 2- retângulo, 3- quadrado, 4- paralelogramo, 5- losango, 6- trapézio e 7- circunferência, e, em seguida dizer as características de cada figura. Pedimos a Vitória que falasse quais figuras era triângulo, quadrado, retângulo; ela foi falando e nós anotando. À medida que ela falava o número, perguntávamos o porquê de sua resposta. Quando perguntamos por que as figuras que ela enumerou de 1 era triângulo sua resposta foi “*é porque tem três partes*”, quando perguntamos sobre as características do retângulo que enumerou de 2, ela respondeu: “*é porque tem quatro partes*”, sobre o quadrado ela disse: “*tem quatro partes e é menor que o retângulo*”. O paralelogramo, o losango e o trapézio ela disse que não conhecia e que não tinha como explicar. Ao perguntar sobre a circunferência, ela respondeu: “*é uma bola*”. Até esse momento a aluna ainda não tinha o conhecimento de que todo retângulo é um quadrado. O que ocorreu somente após a manipulação no *software*.

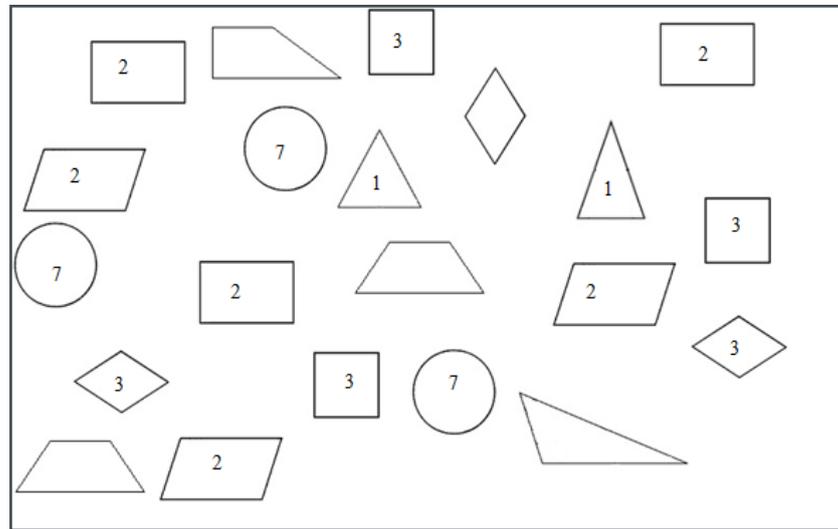


Figura 2. Questão 2 sobre características das figuras geométricas

Fonte: Dados da Pesquisa (2017)

Após analisar as repostas de Vitória vimos que consegue reconhecer as figuras geométricas pela imagem visual e não pelas suas propriedades, o mesmo modo da maioria dos outros alunos. A partir daí iniciamos as atividades utilizando o *software* GeoGebra, que, totalizaram sete BOA: uma sobre as noções básicas de ponto e de reta; a segunda sobre retas paralelas; a terceira retas perpendiculares; a quarta triângulos; a quinta quadriláteros; a sexta quadriláteros paralelogramos; e a sétima circunferência e círculo.

No primeiro contato de Vitória com o *mouse* do *notebook*, vimos que a mesma conseguia controlá-lo, então, seria possível ela mesma realizar as manipulações no *software* GeoGebra.

Iniciamos então a primeira BOA (noções de ponto e de reta). Primeiramente, perguntamos a ela se sabia o que era um ponto, e sua resposta foi: “*ponto de ônibus*”. Depois novamente foi questionada se havia outro tipo de ponto, e ela respondeu: “*o que fica em cima da letra i*”. Nesse momento percebemos que ela conhecia as letras do alfabeto, porém não conseguia juntar sílabas para tentar fazer a leitura. Depois dessa resposta de Vitória, perguntamos se conseguia identificar, na tela do GeoGebra, conforme figura 3, algum ícone parecido com o “ponto” que ela referiu. Ela respondeu que sim e mostrou o seguinte ícone: .

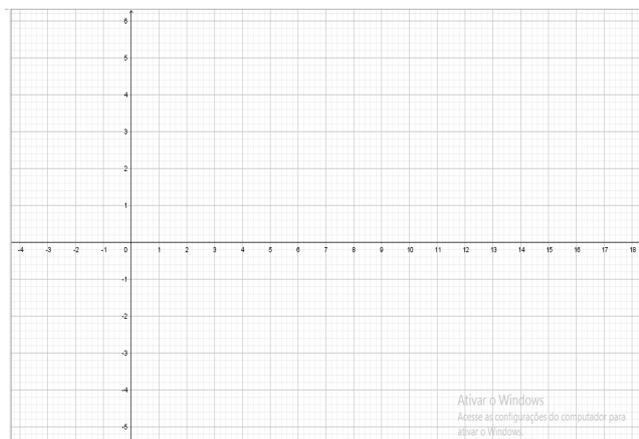


Figura 3. Janela de visualização do *software* GeoGebra

Fonte: Produção nossa (2019)

Logo depois, pedimos a ela para selecionar o ícone e, em seguida, clicar na janela de visualização do *software* e observar o que iria acontecer. Ela nos respondeu: “*tem a letra A e um monte de número*”. Pedimos que criasse outro ponto e mais uma vez observasse o que estava acontecendo. E ela respondeu: “*tem outro ponto B e um monte de número*”. Mostramos para ela o ícone que utilizamos para movimentar (ícone mover ) os entes geométricos no GeoGebra e pedimos a ela para fazer isso e dizer o que acontecia à medida que movimentava os pontos. Sua resposta foi: “*os números muda*”. Nesse momento foi questionada se entendia o significado daqueles números. Ela respondeu “*não, mas o número é diferente*”.

Depois disso, explicamos a ela que aqueles números são as coordenadas de um ponto e cada ponto possui uma coordenada – o que ela já havia percebido quando disse que os números eram diferentes. Nesse momento percebemos o quanto a utilização da ferramenta tecnológica foi importante para a visualização das coordenadas do ponto para essa aluna. Porque se fizéssemos somente com a BOA ela não teria conseguido visualizar que as coordenadas mudavam quando o ponto era movimentado. Desse modo, seguimos com o restante do desenvolvimento dessa atividade explorando a noção de reta.

As BOA seguintes foram de retas paralelas e retas perpendiculares e o desenvolvimento foi basicamente o mesmo. Vitória era questionada sobre suas respostas, construía os entes no *software*, enquanto líamos a BOA, e durante isso, a conversa estava sendo gravada.

A BOA sobre triângulos despertou muita curiosidade em Vitória. Isso devido ter começado a se familiarizar com o *software*. Inicialmente perguntamos o que era triângulo e sua resposta foi “*figura de três pontas*” e citou um exemplo de uma placa de trânsito que ela viu na rua. Perguntamos qual era, e ela disse que era vermelha e branca, mas que não sabia o nome (nesse momento percebemos que ela se referia à placa de preferência). Em seguida, perguntamos se na janela de visualização do GeoGebra tinha algum ícone que representasse esse triângulo, e, em seguida,

apontou para o ícone . Nesse momento explicamos que esse ícone possibilita a construção de polígonos e pedimos que fizesse um triângulo, e isso gerou o diálogo a seguir:

Vitória: “posso fazer um de cabeça pra baixo?”

Professora: “se você fizer de cabeça para baixo ainda será um triângulo?”

Vitória: “acho que sim”.

Professora: “então faça sua construção”.

Vitória: se eu mexer na letra A vai ser triângulo ainda?”

Professora: “movimente ai para sabermos”.

Vitória: “ainda é triângulo, mas ele ficou torto”.

Professora: “e porque ele ficou torto?”

Vitória: “esse lado de cá é menor que o lado de lá”.

A figura 4 mostra a construção do triângulo feita por Vitória. Do lado esquerdo o primeiro triângulo feito por ela e do lado direito o triângulo após ela movimentar o vértice A.

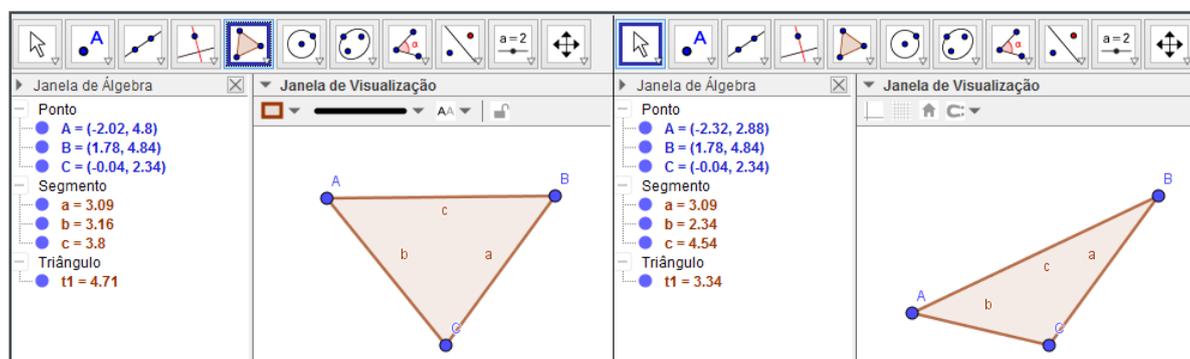


Figura 4. Construção do triângulo pela aluna Vitória

Fonte: Dados da Pesquisa (2017)

Logo depois, Vitória começou a movimentar os vértices do triângulo e foi percebendo que havia triângulos de várias maneiras. Isso porque antes, ela achava que só era possível construir triângulos de um único modo. Após fazer vários movimentos nos vértices, demos continuidade a BOA. Exploramos os triângulos: equilátero, isósceles e escaleno utilizando o ícone “distância, comprimento e perímetro” . Para isso, Vitória movimentava os vértices de modo a explorar as medidas de cada lado do triângulo. Primeiro solicitamos a ela que deixasse as medidas diferentes, esse era o triângulo escaleno. Em seguida, pedimos que movimentasse o vértice

e deixasse dois lados iguais, esse era o triângulo isósceles. Por fim, movimentar os vértices para que tivesse três lados iguais, esse era o triângulo equilátero, que também é isósceles.

Essas construções foram possíveis, porque Vitória consegue identificar os números e saber se são iguais ou diferentes. A leitura do número ela só conseguia fazer quando era inteiro, se fosse decimal ela não conseguia. O procedimento seguinte foi construir os ângulos internos do triângulo e, em seguida, a soma desses ângulos. Nessa atividade, Vitória sentiu mais dificuldade em virtude de também não saber operar a soma envolvendo dezenas, usando lápis e papel, fazia apenas usando calculadora. Como no GeoGebra os valores encontrados foram em números decimais, arredondamos as casas, com o intuito de auxiliar na soma. Mas não foi o que aconteceu. Vitória só conseguia somar os números que o resultado fosse no máximo vinte e oito. Isso utilizando os dedos das suas mãos. Outros números ela não conseguiu somar, nem utilizando lápis e papel nem utilizando os dedos das mãos. Então, acabamos deixando-a realizar essa soma na calculadora. Infelizmente foi necessário fazer isso, pois, se dedicássemos tempo a ensiná-la passo-a-passo o algoritmo da soma, envolvendo dezenas, tomaria muito tempo, e prejudicaria o desenvolvimento do restante das atividades. Visto que as atividades que estávamos realizando se referia ao estudo de conceitos de geometria plana.

As BOA seguintes foram sobre quadriláteros, quadriláteros paralelogramos e circunferência e círculo, e, ambas, foram desenvolvidas do mesmo modo das outras BOA. Devido à limitação de páginas desse relato deixaremos essas reflexões para outro momento.

REFLEXÕES SOBRE ESSA EXPERIÊNCIA

Ao nos depararmos com uma aluna não alfabetizada nos perguntamos: “como vamos desenvolver nossa proposta de pesquisa, uma vez que realizar as atividades requer leitura e interpretação da BOA e, em seguida, a construção dos entes geométricos no *software* GeoGebra, e, com isso, formar conceitos?” Inicialmente, foi um desafio. Talvez se tivéssemos nos deparado com essa situação em uma turma com mais alunos, não teríamos conseguido dar a atenção que a aluna Vitória necessitava.

Por meio dessa experiência percebemos que é possível ensinar para qualquer pessoa, basta que esta tenha força de vontade em aprender, e recursos apropriados para estimular essa aprendizagem. O *software* GeoGebra foi o melhor recurso que poderíamos levar para Vitória, pois ele permitiu que ela conseguisse desenvolver sozinha. Isso porque, com o decorrer dos encontros, bastava explicar uma vez que ela conseguia localizar o ícone e fazer a manipulação corretamente. Com isso, percebemos o quanto as reflexões de Borba e Villarreal (2005) sobre a visualização

e a manipulação de um *software* matemático podem levar a reorganização o pensamento matemático do aluno, levando a aprendizagem.

Ao término dos encontros, Vitória foi questionada sobre o que achou da experiência de utilizar a tecnologia para aprender, e sua resposta foi: *“Eu não sabia que ia conseguir aprender matemática. Agora eu sei até algumas coisinhas. O triângulo não é só de cabeça pra baixo. O computador me ajudou aprender isso”*.

REFERÊNCIAS

BARDIN, Laurence. Análise de conteúdo. São Paulo: Edições 70, 1977.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. Portugal: Porto Editora, 1994.

BORBA, Marcelo de Carvalho; VILLARREAL, Monica Ester. **Humans-With-Media and the Reorganization of Mathematical Thinking**: information and communication technologies, modeling, experimentation and visualization. New York: Springer, v.39. 2005.

CHIZZOTTI, A. **Pesquisa em ciências humanas e sociais**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2006.

MOREIRA, Marco Antônio; ROSA, Paulo R. S. **Subsídios Metodológicos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências**: Pesquisa em Ensino: Métodos Qualitativos e Quantitativos. Porto Alegre. 2. ed. 2016.

NÚÑEZ, Isauro Béltran. **Vygotsky, Leontiev e Galperin**: formação de conceitos e princípios didáticos. Brasília: Liber Livro, 2009.

RESOLUÇÃO CINÉTICA DINÂMICA DE AMINAS BENZÍLICAS SUBSTITUÍDAS UTILIZANDO CATALISADOR DE Pd SUPORTADO EM $MgCO_3$

Fernanda Amaral de Siqueira

Universidade Federal de São Paulo – Campus Diadema, Departamento de Química, Diadema-São Paulo

Camila Rodrigues Cabreira

Universidade Federal de São Paulo – Campus Diadema, Departamento de Química, Diadema-São Paulo

Pedro Henrique Kamogawa Chaves

Universidade Federal de São Paulo – Campus Diadema, Departamento de Química, Diadema-São Paulo

RESUMO: Aminas enantiomericamente puras são blocos de construção de grande importância na química orgânica. Um dos métodos que tem se mostrado eficaz para a síntese desses compostos é a resolução cinética dinâmica (DKR, sigla originada do nome em inglês “dynamic kinetic resolution”). Nessa metodologia, combina-se a técnica de resolução cinética enzimática clássica com a racemização *in situ* do substrato não convertido, que é realizada por um catalisador metálico. Neste trabalho foram executadas as reações de resolução cinética dinâmica de 3 aminas primárias benzílicas: (*R,S*)-1-(4-fluorofenil)etilamina, (*R,S*)-1,2,3,4-tetra-hidro-1-naftilamina e (*R,S*)-1-indanamina, para avaliar a influência dos substituintes e/ou do sistema cíclico em suas reatividades.

Para essa metodologia, foram utilizados a lipase CALB como responsável pela etapa de resolução enzimática, catalisador de paládio suportado em $MgCO_3$ como responsável pela etapa de racemização. Acetatos de etila, de isoamila e de isopropila foram usados como doadores de grupo acila. Os efeitos da temperatura, do agente acilante e do tempo reacional foram estudados. As correspondentes acetamidas foram obtidas em rendimentos que variaram de 11-95% em excelentes excessos enantioméricos (80-99%).

PALAVRAS-CHAVE: Resolução cinética dinâmica, aminas primárias, CALB, catalisador de paládio.

DYNAMIC KINETIC RESOLUTION OF SUBSTITUTED BENZYL AMINES USING Pd CATALYST SUPPORTED ON $MgCO_3$

ABSTRACT: Enantiomerically pure amines are useful building blocks in organic chemistry. One method that has become an exceedingly efficacious tool to synthesize these compounds is dynamic kinetic resolution (DKR). This methodology combines the well-established and commonly used technique of enzymatic kinetic resolution with *in situ* metal catalyzed racemization of the non-converted substrate. In this work were described the dynamic kinetic

resolution of 3 primary benzyl amines: (*R,S*)-1-(4-fluorophenyl)ethylamine, (*R,S*)-1,2,3,4-tetrahydro-1-naphthylamine and (*R,S*)-1-indanamine, to evaluate the influence of substituents and/or cyclic system in their reactivities. This procedure employed a commercial lipase CALB as the resolution catalyst, a new palladium catalyst supported on MgCO₃ prepared by our research group as the racemization catalyst. Ethyl, isoamyl and isopropyl acetates were used as the acyl donors. The effects of the temperature, acylating agent and reaction time were studied. The corresponding acetamides were obtained in yields ranging from 11 to 95% in excellent enantiomeric excesses (80-99%).

KEYWORDS: Dynamic kinetic resolution, primary amines, CALB, palladium catalyst.

1 | INTRODUÇÃO

Aminas com elevada pureza óptica são compostos de grande importância em síntese orgânica, pois são comumente utilizadas como intermediárias na síntese de moléculas mais complexas, muitas delas com pronunciada atividade biológica e aplicabilidade nas indústrias farmacêuticas e agroquímicas.[BREUE et al.,2004][PANKE et al.,2004][THALAN et al., 2009][PAMIES et al.,2002] No caso das aminas, estas podem ser também utilizadas como auxiliares quirais em reações assimétricas.[NUGENT e EL-SHAZLY, 2010][FRANCE et.al., 2003] Alguns exemplos de aminas quirais são a sertralina,[CHEN e REAMER, 1999] a dapoxetina[SORBERA et al., 2004] e a rivastigmina,[FUCHS et al., 2012] as quais são empregadas no tratamento da depressão, disfunção ejaculatória e doença de Alzheimer, respectivamente. As estruturas dessas moléculas são apresentadas na Figura 1.

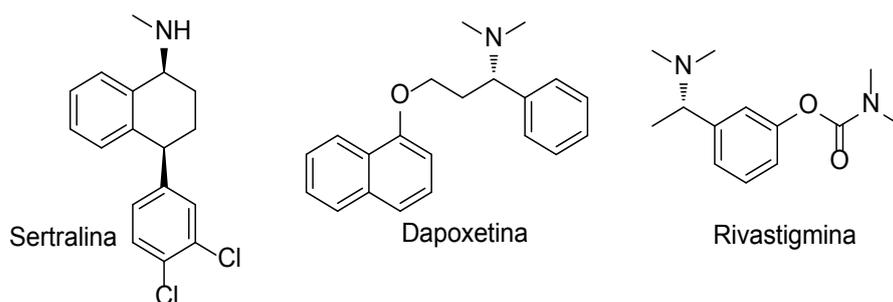


Figura 1 - Estrutura de aminas quirais biologicamente ativas

Dentre os métodos de obtenção de compostos enantiomericamente puros, a resolução cinética dinâmica tem se mostrado uma estratégia bastante eficiente para a preparação enantiosseletiva de aminas. Nessa metodologia, combina-se a técnica de resolução cinética enzimática clássica com a racemização *in situ* do enantiômero remanescente, que é realizada por um catalisador metálico. Através desse processo, é possível a obtenção do enantiômero desejado em um rendimento teórico máximo de 100%, conforme ilustrado pela figura 2.[HUERTA et al.,2001][GUSTAFSON et al.,

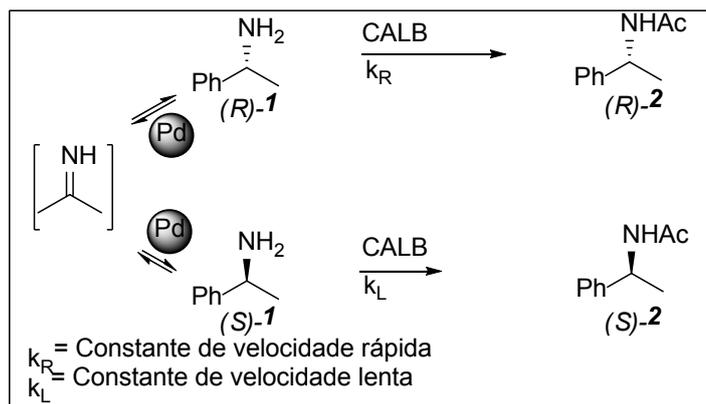
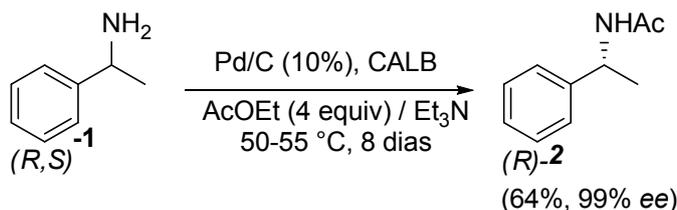


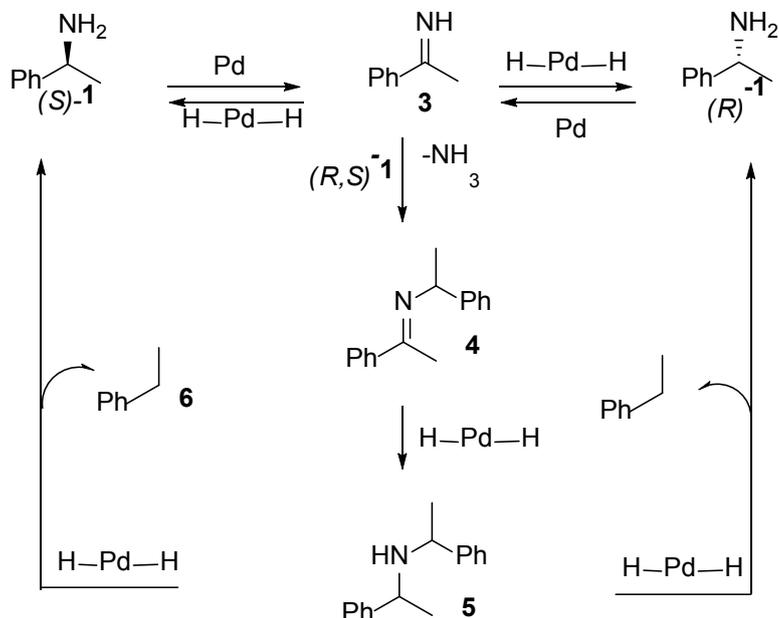
Figura 2: Exemplo de uma DKR de amina utilizando catalisador de paládio

Os primeiros exemplos de DKR de aminas foram publicados em 1996 para a resolução da 1-feniletilamina. A etapa de resolução cinética foi mediada pela lipase *Candida antarctica* do tipo B e a de racemização por paládio suportado em carvão, utilizando acetato de etila como agente acilante, (Esquema 1).



Esquema 1 - Resolução cinética dinâmica da 1-feniletilamina.

Apesar do excelente excesso enantiomérico (99%), o tempo de reação foi longo e o rendimento de apenas 64%, justificado pela formação de subprodutos. Estes são obtidos como consequência das condições de racemização, como mostrado no Esquema 2. [PARVALESCU, A. et al. 2005]



Esquema 2 - Possíveis subprodutos da reação de DKR de aminas.

O mecanismo para a racemização de aminas constitui em uma primeira etapa de desidrogenação da amina quiral, seguida da hidrogenação da imina formada como produto intermediário. Durante esse processo, podem ser formados subprodutos. No exemplo do Esquema 2, a formação da imina **4** ocorreria por meio da reação de (R,S)-1 com **3**. A hidrogenação de **4** levaria ao intermediário **5**, o qual sofreria hidrogenólise para fornecer **6**. [PARVALESCU, A. et al. 2005]

Parvalescu, A.N et al.,2007 reportaram a DKR de aminas benzílicas utilizando paládio suportado em BaSO₄, CaCO₃, SrCO₃ e BaCO₃ para a etapa de racemização, assim como outros catalisadores heterogêneos. Nas reações com o metal disperso nestes sais, observou-se que a formação dos subprodutos foi evitada, indicando que este tipo de catalisador atua de forma mais seletiva e eficaz na racemização das aminas benzílicas estudadas. Ademais, os catalisadores suportados nestes materiais são catalisadores do tipo heterogêneos e, portanto, apresentam a vantagem de serem recicláveis. Neste exemplo específico os autores observaram que até a terceira reciclagem não foi observada diminuição significativa na eficiência da racemização.

Dois anos depois, o mesmo grupo de pesquisa continuou os estudos de DKR e realizou uma avaliação sobre a influência do tipo de suporte dos catalisadores de paládio nas reações de racemização e também na DKR de aminas benzílicas quirais. Os autores observaram que as propriedades ácido-base dos suportes afetaram consideravelmente os resultados das reações estudadas.

A necessidade de se utilizar um suporte com caráter básico foi concluída a partir da comparação dos resultados obtidos com catalisadores dispersos em diferentes materiais. Estes estudos levaram à conclusão de que a diferença de seletividade entre os vários catalisadores de paládio utilizados é determinada pela velocidade da formação dos subprodutos. Notou-se que a formação dos subprodutos foi mais

acentuada com o uso de Pd/SiO₂ e Pd/C, os quais apresentam caráter ácido. Os catalisadores mais seletivos foram aqueles com maior caráter básico.[PARVALESCU, A.N. et al., 2009]

Nos últimos anos nosso grupo de pesquisa tem trabalhado com a preparação de novos catalisadores de paládio suportados em carbonato de magnésio básico, contendo 4,7 e 10% de Pd⁰ para aplicação nas reações de resolução cinética dinâmica de aminas.[DE LIMA et al., 2012] Após o preparo e caracterização, foram utilizados na racemização da (*S*)-1-feniletilamina em tolueno a 80 °C, sob hidrogênio por 24 horas para a avaliação de sua atividade catalítica. A reação com o catalisador que contém 10% de Pd⁰ levou ao produto de racemização em 68% *ee*. Um resultado mais satisfatório foi obtido com o catalisador que contém 4,7% de Pd⁰, pois, nesse caso, a 1-feniletilamina foi obtida em apenas 9% *ee*, que é o mais próximo do ideal (0% *ee*). Dessa forma, o Pd/MgCO₃ 4,7% Pd⁰ foi escolhido para a realização dos estudos sobre a DKR de aminas benzílicas com diferentes estruturas neste trabalho.

2 | OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi a utilização do catalisador de Pd/MgCO₃, sintetizado pelo nosso grupo de pesquisa, nas reações de Resolução Cinética Dinâmica de aminas benzílicas substituídas, a fim de fazer uma avaliação da reatividade de cada substrato perante essas reações.

3 | PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

3.1 Informações gerais

Tanto as aminas racêmicas quanto a enzima CALB (Novozym® 435) foram obtidas pela Sigma Aldrich®.

Os reagentes e solventes foram utilizados como recebidos, e quando necessário purificados de acordo com procedimentos usuais.

As purificações em colunas cromatográficas foram feitas utilizando sílica gel 70-230 mesh e utilizando acetato de etila e hexano como eluentes, em diferentes proporções. As análises em cromatografia em camada delgada foram realizadas em placas de sílica gel, utilizando luz UV e iodo molecular para revelação, assim como solução etanólica de ácido fosfomolibdico.

Os espectros de RMN ¹H e ¹³C foram obtidos em um espectrômetro Bruker® (300/75 MHz), utilizando-se CDCl₃ como solvente e TMS como referência interna.

Para as análises por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas foi utilizado um cromatógrafo Shimadzu GCMS-QP2010 Plus. Já as análises dos compostos quirais foi realizada em um cromatógrafo gasoso TRACE™ 1310

da Thermo Scientific™, com coluna capilar empacotada com β-ciclodextrina (fase estacionária).

Os pontos de fusão foram aferidos com um medidor de ponto de fusão digital modelo PFD III da Marte® Científica.

3.2 Resolução Cinética Dinâmica da (*R,S*)-1-(4-fluorofenil)etilamina

Em um tubo de ensaio grande dissolveu-se a (*R,S*)-1-(4-fluorofenil)etilamina (69,5 mg; 0,5 mmol) em tolueno (4,1 mL). A essa mistura, adicionou-se o catalisador metálico de Pd suportado em MgCO₃ com porcentagem de 4,7% de Pd (70,0 mg), a lipase CALB (70,0 mg), Na₂CO₃ (53,0 mg; 0,5 mmol), e 0,25 mL de acetato de isoamila, 0,25 mL de acetato de isopropila ou 0,25 mL de acetato de etila. Após a adição de todos os reagentes, o tubo foi fechado com o uso de um septo de borracha e vedado ainda com Parafilm® M. Sob pressão de 1 atm de H_{2(g)} e aquecimento em banho de óleo (60 °C, 80 °C ou 100 °C), a reação procedeu durante tempos diferentes (24, 36 ou 48 horas).

Ao término da reação, filtrou-se o produto e lavou-se o sólido remanescente com 40 mL de acetato de etila e 20 mL de metanol. Evaporou-se o solvente. O produto bruto foi purificado por cromatografia em coluna com sílica flash utilizando gradiente de eluição de 0 a 70% de acetato de etila em hexano. O produto acetilado apresenta-se como um sólido branco.

RMN ¹H (300 MHz) δ (ppm): 7,23-7,18 (m, 2H), 6,98-6,90 (m, 2H), 5,78 (sl, 1H), 5,02 (m, 1H), 1,90 (s, 3H), 1,39 (d, 3H, *J* = 6 Hz).

RMN ¹³C (75 MHz) δ (ppm): 169,2; 163,6-160,3 (d, *J* = 243,75 Hz); 139,1-139,0 (d, *J* = 3 Hz); 127,9-127,8 (d, *J* = 8,25 Hz); 115,6-115,3 (d, *J* = 21,75); 48,1; 23,4; 21,8.

EM [(*m/z* (%))]: 124 (100), 181 (35) [M⁺].

Ponto de fusão: 116-118 °C

Resolução Cinética Dinâmica da (*R,S*)-1,2,3,4-tetra-hidro-1-naftilamina

O procedimento realizado foi o mesmo descrito na seção 3.2, apresentando como alteração apenas a quantidade da amina racêmica adicionada (73,5 mg; 0,5 mmol).

O produto acetilado apresenta-se como um sólido branco.

RMN ¹H (300 MHz) δ (ppm): 7,20-7,00 (m, 4H), 5,72 (sl, 1H), 5,13-5,06 (m, 1H), 2,74-2,68 (m, 2H), 1,93 (s, 4H), 1,79-1,70 (m, 3H).

RMN ¹³C (75 MHz) δ (ppm): 169,3; 137,6; 136,7; 129,2; 128,8; 127,3; 126,3; 47,5; 30,1; 29,2; 23,5 19,9.

EM [(*m/z* (%))]: 130 (100), 181 (4) [M⁺].

Ponto de fusão: 144-146 °C

3.3 Resolução Cinética Dinâmica da (*R,S*)-1-indanamina

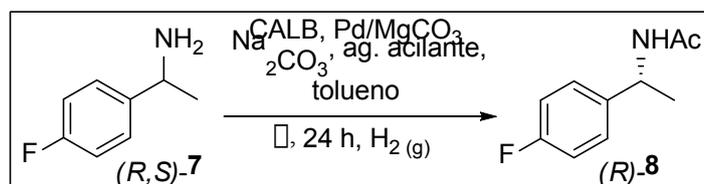
O procedimento realizado foi o mesmo descrito na seção 3.2, apresentando como alteração apenas a quantidade da amina racêmica adicionada (66,5 mg; 0,5 mmol). O produto acetilado apresenta-se como um óleo incolor .

RMN ¹H (300 MHz) δ (ppm): 7,30-7,18 (m, 4H), 5,72 (sl, 1H), 5,51-5,43 (m, 1H), 2,99-2,81 (m, 2H), 2,65-2,56 (m, 1H), 2,16 (s, 3H), 2,04-1,78 (m, 1H).

EM [(*m/z* (%))]: 116 (100), 175 (5) [*M*⁺].

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após os estudos das reações de DKR com a 1-feniletilamina como composto modelo em trabalho anterior de nosso grupo de pesquisa,[DE LIMA et al., 2012] decidimos utilizar (*R,S*)-7 para avaliar a sua reatividade. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 1.



Entrada	Tempo	Temperatura	Agente acilante	Rendimento	ee
1	24h	60 °C	Acetato de etila	30%	99%
2	24h	60 °C	Acetato de isoamila	48%	99%
3	24h	60 °C	Acetato de isopropila	43%	99%
4	36h	60 °C	Acetato de isopropila	95%	99%
5	36h	60 °C	Acetato de etila	90%	98%
6	24h	80 °C	Acetato de etila	26%	98%
7	24h	80 °C	Acetato de isoamila	45%	98%
8	24h	100 °C	Acetato de etila	42%	89%
9	24h	100 °C	Acetato de isoamila	50%	98%
10	48h	60 °C	Acetato de etila	35%	99%
11	48h	60 °C	Acetato de isoamila	39%	99%
12	48h	80 °C	Acetato de etila	24%	98%
13	48h	80 °C	Acetato de isoamila	51%	98%

14	48h	100 °C	Acetato de etila	51%	91%
15	48h	100 °C	Acetato de isoamila	53%	97%

Tabela 1 - Resultados obtidos para a DKR da *(R,S)*-6 em diferentes condições.

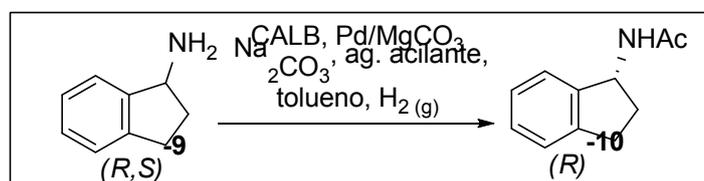
As reações de DKR com *(R,S)*-7 foram inicialmente realizadas à temperatura de 60 °C. Observou-se que, em 24 horas de reação (Entradas 1 a 3), os excessos enantioméricos foram excelentes (99%) para qualquer um dos agentes acilantes empregados. Contudo, um melhor rendimento foi obtido com o aumento do tempo reacional para 36 horas.

O menor rendimento obtido nas reações das entradas 1 a 3 pode ser justificado pela presença de material de partida após as 24 horas de reação, o que indicou que as reações não haviam se completado, necessitando de um tempo reacional maior para que todo o material de partida fosse convertido ao produto desejado.

Foram realizadas reações a temperaturas a 80 e 100 °C, na tentativa de obter uma melhor atividade do catalisador metálico na etapa de racemização do processo de DKR com o uso de acetato de etila e acetato de isoamila, em tempos reacionais de 24 e 48 horas. Em todos os casos foi observada uma redução no rendimento reacional, bem como uma ligeira diminuição na enantiosseletividade.

A fim de se estudar o efeito da presença de um sistema cíclico no substrato influenciaria a reatividade na DKR, o 1-aminoindano *(R,S)*-9 e a *(R,S)*-1,2,3,4-tetra-hidro-1-naftilamina (11) foram escolhidas para serem utilizadas como alvos de nossos estudos. Os resultados obtidos para a DKR de *(R,S)*-9 encontram-se na Tabela 2.

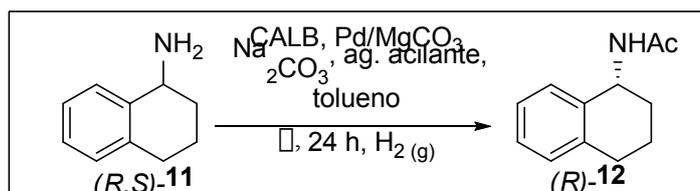
As reações com o 1-aminoindano *(R,S)*-9 foram inicialmente realizadas à 60 °C e como uso de acetato de isopropila como doador de grupo acila, tendo em vista que estas corresponderam às melhores condições de temperatura e agente acilante que foi obtida para a reação com o composto *(R,S)*-7. No entanto, nessas condições, a acetamida desejada foi obtida em apenas 50% de rendimento e em 97% de excesso enantiomérico, mesmo após 44 horas reacionais (entrada 1). A fim de tentar melhorar o rendimento reacional, o acetato de isopropila foi substituído por acetato de etila (entrada 2), mas essa mudança levou a uma diminuição no rendimento, como já era esperado. Fez-se também uma adaptação das condições utilizadas com o uso de peneira molecular e tolueno anidro (entrada 3). Observou-se um ligeiro aumento do rendimento, mas uma queda significativa na enantiosseletividade (entrada 3).



Entrada	Tempo	Temperatura	Agente acilante	Rendimento	ee
1	44	60 °C	Acetato de isopropila	50%	97%
2	24	60 °C	Acetato de etila	38%	99%
3	66	70 °C	Acetato de etila	54%	62%

Tabela 2. Resultados obtidos para a DKR da (R,S)-9

Os estudos sobre as reações de DKR de (R,S)-11 foram também iniciados à temperatura de 60 °C (Entradas 1 a 3). Verificou-se que os rendimentos e os excessos enantioméricos foram menores, comparados aos obtidos para (R,S)-7, sendo também inferiores aos obtidos para (R,S)-9. O melhor rendimento a essa temperatura foi 45% após 36 horas reacionais e na presença de acetato de isopropila. Uma melhor conversão do substrato (R,S)-11 foi obtida a 80 °C com o uso de acetato de etila em 36 horas. (entrada 4). Ao realizar reações em temperatura superior (100 °C), observou-se que os rendimentos foram menores.



Entrada	Tempo	Temperatura	Agente acilante	Rendimento	ee
1	24	60 °C	Acetato de etila	23%	90%
2	24	60 °C	Acetato de isoamila	19%	96%
3	36	60 °C	Acetato de isopropila	45%	90%
3	24	80 °C	Acetato de etila	35%	96%
4	36	80 °C	Acetato de etila	90%	>99%
5	24	80 °C	Acetato de isoamila	40%	98%
6	24	100 °C	Acetato de etila	47%	95%
7	24	100 °C	Acetato de isoamila	48%	98%
8	48	60 °C	Acetato de etila	11%	80%
9	48	60 °C	Acetato de isoamila	14%	97%
10	48	80 °C	Acetato de etila	47%	93%
11	48	80 °C	Acetato de isoamila	46%	99%
12	48	100 °C	Acetato de etila	43%	95%
13	48	100 °C	Acetato de isoamila	44%	96%

Tabela 2 - Resultados obtidos para a DKR da (R,S)-11.

5 | CONCLUSÃO

Foi possível obter acetamidas assimétricas em rendimentos variados e em excelentes excessos enantioméricos, nas condições reacionais estudadas. A presença do flúor em **7** e dos sistemas cíclicos em **9** e **11** levaram a diminuição da reatividade desses compostos, quando comparado à 1-feniletilamina, a qual foi estudada em trabalho anterior.

6 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à UNIFESP – Campus Diadema pela infraestrutura e à FAPESP pelo auxílio financeiro.

REFERÊNCIAS

BREUER, M.; DITRICH, K.; HABICHER, T.; HAUER, B.; KEBELER, M.; STRUMER, R.; ZELINSKI, T. **Industrial Methods for the Production of Optically Active Intermediates**. *Angewandte Chemie*, v. 43, p. 788-824. 2004

CHEN, C.-Y.; REAMER, R. A. **Efficient Enantioselective Synthesis of Sertraline, a Potent Antidepressant, via a Novel Intramolecular Nucleophilic Addition to Imine**. *Organic Letters*, v. 1, n. 2, p. 293-294. 1999

DE LIMA, S.M. CRUZ, R.P.; SIQUEIRA, F.A. **Preparation, characterization and catalytic activity of new heterogeneous palladium nanocatalysts** In: 244th American Chemical Society National Meeting, Philadelphia, PA, USA., Editora ACS 2012, 1p.

FRANCE, S.; GUERIN, D, J.; MILLER, S.J.; LECTKA, T. **Nucleophilic Chiral Amines as Catalysts in Asymmetric Synthesis**. *Chemical Reviews*, v. 103, n. 8, p. 2985-3012. 2003

FUCHS, M.; KOSZELEWSKY, D.; TAUBER, K.; SATTLER, J.; BANKO, W.; HOLZER, A.K.; PICKL, M.; KROUTIL, W.; FABER, K. **Improved chemoenzymatic asymmetric synthesis of (S)-Rivastigmine**. *Tetrahedron*, v. 68, n. 37, p. 7691-7694. 2012

GUSTAFSON, K.P.J.; LIHAMMAR, R.; VERHO, O.; ENGSTROM, K.; BACKVALL, J-E. **Chemoenzymatic dynamic kinetic resolution of primary amines using a recyclable palladium nanoparticle catalyst together with lipases**. *Journal of Organic Chemistry*, v. 79, p. 3747-3751. 2014

HUERTA, F.F.; MINIDIS, A, B, E.; BACKVALL, J-E. **Racemization in asymmetric synthesis. Dynamic kinetic resolution and related processes in enzyme and metal catalysis**. *Chemical Society Reviews*, v. 30, p. 321-331. 2001

MANFRED, R.; SCHIMOSSEK, K. **Lipase-Catalyzed Dynamic Kinetic Resolution of Chiral Amines: Use of Palladium as the Racemization Catalyst**. *CHIMIA International Journal for Chemistry*, v. 50, n. 12, p. 668-669. 1996

NUGENT, T.C.; EL-SHAZLY, M. **Chiral Amine Synthesis – Recent Developments and Trends for Enamide Reduction, Reductive Amination, and Imine Reduction**. *Advanced Synthesis & Catalysis*, v. 352, p. 753-819. 2010

PÀMIES, O.; ÉLL, A.H.; SAMEC, J.S.M.; HERMANN, N.; BACKVALL, J-E. **An Efficient and Mild Ruthenium-Catalyzed Racemization of Amines: Application to the Synthesis of Enantiomerically Pure Amines.** Tetrahedron Letters, v. 43, n. 26, p. 4699-4702. 2002

PANKE, S.; HELD, M.; WUBBOLTS, M. **Trends and innovations in industrial biocatalysis for the production of fine chemicals.** Current Opinion in Biotechnology, v. 15, p. 272-279. 2004

PARVULESCU, A.; DE VOS, D.; JACOBS, P. **Efficient dynamic kinetic resolution of secondary amines with Pd on alkaline earth salts and a lipase.** Chemical Communications, p. 5307-5307. 2005

PARVULESCU, A.N.; JACOBS, P.A.; DE VOS, D.E. **Palladium Catalysts on Alkaline-Earth Supports for Racemization and Dynamic Kinetic Resolution of Benzylic Amines.** Chemical European Journal, v. 13, p. 2034-2043. 2007

PARVULESCU, A.N.; JACOBS, P.A.; DE VOS, D.E. **Support influences in the Pd-catalyzed racemization and dynamic kinetic resolution of chiral benzylic amines.** Applied Catalysis A, v. 368, p. 9-16. 2009

SORBERA, L.A.; CASTAÑER, J.; CASTAÑER, R.M. **Dapoxetine hydrochloride.** *Drugs Future*, v. 29, p.1201-1205. 2004

THALAN, L.K. ZHAO, D.; SORTAIS, J-B; PAETZOLD, J.; HOBEN, C.; BACKVALL, J-E. **A Chemoenzymatic Approach to Enantiomerically Pure Amines Using Dynamic Kinetic Resolution: Application to the Synthesis of Norsertaline.** Chemical European Journal, v. 15, p. 3403-3410. 2009

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE QUÍMICA ORGÂNICA UTILIZANDO JOGOS DIGITAIS: UMA VISÃO TEÓRICA

Francisco Glauber de Brito Silva

Possui graduação em Química pela Universidade Estadual do Ceará (2010) e graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pelo Instituto Centro de Ensino Tecnológico (2007). Especialista em Gestão Escolar pela Universidade Estadual do Ceará (2014). Atualmente é professor da Prefeitura Municipal de Jaguaruana e professor - diretor escolar - Secretaria da Educação Básica do Ceará. Email: glaubersanear@yahoo.com.br.

Leonardo Alcântara Alves

Possui Graduação em Química Industrial (2007), Mestrado (2009) e Doutorado em Química (2013) pela Universidade Federal do Ceará. Atualmente é professor do quadro efetivo de Professores de Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do Instituto Federal do Rio Grande do Norte - Campus Apodi e do Programa de Pós graduação em Ensino - POSENSINO (UERN/UFERSA/IFRN). Líder do Núcleo de Pesquisa em Educação e Química (NUPEQ). Email:Leonardo.alcantara@ifrn.edu.br.

RESUMO: Refletindo sobre o processo de ensino e aprendizagem de Química, e em específico sobre Química Orgânica, por considerar que este ainda está reduzido ao ensino de nomenclatura e “decoreba” de grupos funcionais. Da mesma forma, ao pensar em estratégias de ensino, limitam-se a roteiros poucos investigativos e pesquisa pela internet. Objetivamos com este trabalho apresentar uma visão teórica

sobre sequência didática utilizando os jogos digitais, a metodologia desenvolveu-se através, de uma pesquisa bibliográfica. Durante o levantamento bibliográfico, selecionamos livros e artigos publicados em periódicos, tendo em consideração que pretendemos elaborar uma bibliografia básica: o ensino de química, jogos digitais e sequência didática. A leitura informativa científica buscou destacar as principais contribuições dos jogos digitais e sequência didática para o processo de ensino e aprendizagem, relacionando-as com o problema proposto pelo estudo e, finalmente, a análise das afirmações oferecidas. Depois disto foi possível construir ordenadamente, por meio de notas e fichas, comentários, citações, resumos e observações pessoais úteis para o desenvolvimento do trabalho acadêmico. Tendo em vista esses conhecimentos, pretende-se relacionar os jogos digitais inseridos numa sequência didática como um instrumento viabilizador no ensino de Química Orgânica contrapondo a forma tradicional de ensino, adotando as técnicas de contextualização e interdisciplinaridade.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de química, Sequência didática, Jogos digitais.

DIDACTIC SEQUENCE FOR THE TEACHING OF ORGANIC CHEMISTRY USING DIGITAL

ABSTRACT: Reflecting on the teaching and learning process of Chemistry, and specifically on Organic Chemistry, considering that this is still reduced to teaching nomenclature and “decorated” functional groups. Likewise, when thinking of teaching strategies, limited to few investigative scripts and research the internet. The objective of this work is to present a theoretical view about didactic sequence using digital games, the methodology was developed through a bibliographical research. During the bibliographical survey, we selected books and articles published in periodicals, taking into account that we intend to elaborate a basic bibliography: the teaching of chemistry, digital games and didactic sequence. The scientific informative reading sought to highlight the main contributions of digital games and didactic sequence for the teaching and learning process, relating them to the problem proposed by the study and, finally, the analysis of the offered statements. After this, it was possible to construct, by means of notes and index cards, comments, quotations, abstracts and personal observations useful for the development of academic work. In view of this knowledge, it is intended to relate the digital games inserted in a didactic sequence as a viable instrument in the teaching of Organic Chemistry, counterposing the traditional form of teaching, adopting the techniques of contextualization and interdisciplinarity.

KEYWORDS: Chemistry teaching, Didactic sequence, digital games.

INTRODUÇÃO

A Química é uma ciência ampla que estuda diversos fenômenos que vai desde a estrutura da matéria, suas transformações, até os advindos da sua respectiva utilização. No que concerne a sua relação com a realidade do ser humano, a Química aparece diretamente ligada ao dia-a-dia dos discentes, explodindo na composição de inúmeros produtos que prorrogam a sua vida útil. Tornando assim, uma área de grande valia das ciências, devido a sua grande relevância e possibilidades de relação com outras disciplinas.

Nesse contexto, onde a integração interdisciplinar e a proposta de utilização de tecnologias ainda são poucos notórios, é interessante que sejam desenvolvidos trabalhos com foco na metodologia da contextualização da química orgânica para os alunos do ensino médio, utilizando os jogos e aplicativos digitais disponíveis na internet. Estas ações apresentam como objetivo principal fazer com que os discentes não só adquiram maiores afinidades com a química, mas que compreendam de maneira significativa os conceitos orgânicos, relacionados com atividades do seu cotidiano.

Silva et al. (2011) nota que, embora os métodos de proceder quanto às observações, procedimentos e comparações com teorias pré-existentes, apresentam muitas vezes semelhanças, pois, o pensar do ser humano não está restrito a um só caminho o pensar do ser humano não está aprisionado, somente, a um caminho,

pois as suas experiências de vida, também, podem vir a ser respostas, inclusive, para a resolução de fenômenos.

Assim, tendo em vista esses conhecimentos, o objetivo deste trabalho apresentar uma visão teórica sobre sequência didática utilizando os jogos digitais, refletindo sobre o processo de ensino e aprendizagem de Química Orgânica de modo a contrapor a forma tradicional de ensino, além de adotar técnicas de contextualização e interdisciplinaridade através de uma abordagem diversificada, criando possibilidades de intervenção.

METODOLOGIA

Como metodologia de pesquisa foi utilizada a pesquisa bibliográfica. Segundo Gil (2002, p. 44) “a pesquisa bibliográfica é desenvolvida a partir de materiais já elaborados, tais como livros, revistas, artigos científicos”. Estas fontes bibliográficas dividem-se em três grandes grupos, são eles: livros (de leitura corrente ou de referências), publicações periódicas (jornais e revistas) e impressos diversos. Durante o levantamento bibliográfico, selecionamos livros e artigos publicados em periódicos, tendo em consideração que pretendemos elaborar uma bibliografia básica e seletiva com os seguintes descritores: o ensino de química, jogos digitais como instrumento interdisciplinar e sequência didática.

Posteriormente, teve o empenho voltado para uma leitura cuidadosa dos impressos bibliográficos. A leitura informativa científica buscou destacar as principais contribuições dos jogos digitais e do uso de sequências didáticas para o processo de ensino e aprendizagem, relacionando-as com o problema proposto pelo estudo e, finalmente, a análise dos fundamentos de verdade nas afirmações oferecidas.

Por fim, foi possível construir ordenadamente, por meio de notas e fichas, comentários, citações, resumos e observações pessoais úteis para o desenvolvimento do trabalho acadêmico, uma avaliação teórica sobre as principais contribuições dos temas em questão no desenvolvimento de estudos sobre o processo de ensino e aprendizagem de Química Orgânica.

Tendo o trabalho como base, pretende-se, posteriormente, elaborar e aplicar uma sequência didática utilizando os jogos digitais de modo a desenvolver material prático que possa ser utilizado efetivamente por docentes em diferentes instituições de ensino do país.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática é um termo em educação utilizado para definir um procedimento encadeado de passos ou etapas ligadas entre si para tornar mais eficiente o processo de aprendizado. As sequências didáticas são planejadas e desenvolvidas para a realização de determinados objetivos educacionais, com início

e fim conhecidos tanto pelos professores, quanto pelos alunos (ZABALA, 1998).

O trabalho com sequências didáticas permite a elaboração de contextos de produção de forma precisa, por meio de atividades e exercícios múltiplos e variados com a finalidade de oferecer aos alunos noções, técnicas e instrumentos que desenvolvam suas capacidades de expressão oral e escrita em diversas situações de comunicação (DOLZ, 2004). Na elaboração de tais atividades é necessário atentar para o conteúdo a ser ensinado, as características cognitivas dos alunos, a dimensão didática relativa à instituição de ensino, motivação para a aprendizagem, significância do conhecimento a ser ensinado e planejamento da execução da atividade.

As sequências didáticas contribuem com a consolidação de conhecimentos que estão em fase de construção e permitem que, progressivamente, novas aquisições sejam possíveis, pois a organização dessas atividades prevê uma progressão modular, a partir do levantamento dos conhecimentos que os alunos já possuem sobre um determinado assunto. Conforme preceitua Brasil (2012), as sequências didáticas são uma ferramenta muito importante para a construção do conhecimento:

Ao organizar a sequência didática, o professor poderá incluir atividades diversas como leitura, pesquisa individual ou coletiva, aula dialogada, produções textuais, aulas práticas, etc., pois a sequência de atividades visa trabalhar um conteúdo específico, um tema ou um gênero textual da exploração inicial até a formação de um conceito, uma ideia, uma elaboração prática, uma produção escrita (BRASIL, 2012, p-21).

Desse modo, a organização do trabalho por meio de sequências didáticas constitui um diferencial pedagógico que colabora na consecução dos objetivos expressos nos quadros dos direitos de aprendizagem. Nesse sentido, o trabalho com sequência didática torna-se importante por contribuir para que os conhecimentos em fase de construção sejam consolidados a partir do levantamento dos conhecimentos que os alunos já possuem.

Há uma diversidade de sequências didáticas circulando na literatura pedagógica no Brasil. Nesse texto, a opção é pensá-la a partir da experiência de professores que as adotam em sua prática, balizados por alguns teóricos que discutem e defendem essa possibilidade de trabalho em sala de aula. Assim, discutem-se alguns princípios que podem orientar sua elaboração e colaborar para pensar o trabalho pedagógico, considerando os direitos de aprendizagem.

Ao organizar a sequência didática, o professor poderá incluir atividades diversas como leitura, pesquisa individual ou coletiva, aula dialogada, produções textuais, aulas práticas, entre outros, pois a sequência de atividades visa trabalhar um conteúdo específico, um tema ou um gênero textual da exploração inicial até a formação de um conceito, uma ideia, uma elaboração prática, uma produção escrita.

Nesse sentido, é importante observar, pelo menos, três modalidades de atividades que permitam uma variedade de ações didáticas na sala de aula, que resultem em aprendizagem significativa: atividades exploratórias, atividades de sistematização e atividades avaliativas. Essa categorização foi apoiada em Roegiers

(2004), que propõe sete tipos de atividades no contexto da Pedagogia da Integração dos saberes.

Na atualidade, há uma grande necessidade que as aulas de química sejam mais atrativas, contextualizadas, que não priorizem apenas a teoria, mas leve o aluno a associar ao cotidiano aquilo que aprendeu ou aprenderá. Sendo a química, por essência, uma ciência experimental e descritiva, é imprescindível que o estudante se ponha em contato com os fenômenos químicos e, servindo-se da observação, chegue ao conhecimento desse ramo da ciência, de tamanha importância na época em que vivemos. Com isto, o uso de uma sequência didática elaborada com vistas a estas necessidades pode ser de grande importância para consolidação do processo de aprendizagem do aluno.

ENSINO DE QUÍMICA ORGÂNICA

Durante décadas, o modelo tradicional funcionou de forma efetiva. No que tange a aprendizagem do aluno “as escolas, ainda, estão fundamentadas no modelo de educação bancária, no qual o professor simplesmente deposita as informações, esperando que o aluno, memorizando-as, possa ter um aprendizado real e significativo” (FREIRE, 2001, p. 19, 20). Tendo em vista a supremacia do modelo implantado no sistema educacional, obtém-se como consequência um fracasso escolar, elencando disciplinas que são consideradas “problemas”, dentre elas, a Química, principalmente quando seu conhecimento se ramifica na entrada do Ensino Médio. A disciplina passou a ser desinteressante por exigir que os discentes decorem nomenclaturas, fórmulas e elementos.

Em muitas escolas do Brasil verifica-se que a disciplina de química no Ensino médio, tem dado relevância à abordagem de conceitos químicos isolados dos demais saberes das outras ciências da natureza, ciências humanas e outros (BRASIL, 2006). Esse isolamento da química de outros conhecimentos disciplinares, pode ser um dos responsáveis pelas dificuldades de aprendizagem dos conteúdos e, conseqüente rejeição da química pelos alunos, dificultando assim o processo de ensino-aprendizagem (SÁ; SILVA, 2008). Nesse sentido, questões sobre interdisciplinaridade tem sido alvo de intensas discussões em encontros e congressos de educação, bem como, em documentos oficiais. Segundo Sá; Silva (2008), um ensino de química interdisciplinar é promotor de uma aprendizagem ativa e significativa.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio – PCNEM (BRASIL, 1999), sugerem a utilização de temas sociais para o estabelecimento de inter-relações da química com os vários campos da ciência, possibilitando assim uma visão global do conhecimento científico, que é indispensável para a construção da cidadania, interpretação do mundo físico e compreensão das transformações que nele ocorrem.

Em consonância com o apresentado, é necessário que a prática docente esteja vinculada a um ensino mais contextualizado, onde se devem relacionar conteúdos de química com o dia-a-dia dos discentes, respeitando assim, a pluralidade de cada um, visando acima de tudo à formação de um cidadão, e a atividade do senso crítico. A isso Cunha (2007, p. 71) aconselha:

Entre as características dos melhores professores estão: tornar as aulas atraentes, estimar a participação do aluno, saber se expressar de forma que todos entendam [...] procurar formas inovadoras de desenvolver a aula, fazer o aluno participar do ensino.

Para Abreu et al. (2009), os professores de química da 3ª série do EM precisam estar buscando novas e interativas formas para suas aulas, no espaço da sala de aula ou em outros ambientes. Considerando o grande interesse dos alunos pelo computador e a internet, de acordo com Pimentel (2003), ao planejarem suas aulas, os professores tentam incluir diversas ferramentas tecnológicas e percebem que, o que mais esclarece dúvidas e apresenta resultados positivos no tocante à aprendizagem são os ambientes virtuais, já que apresentam certa interatividade como é o caso dos jogos e aplicativos digitais.

No que diz respeito ao ensino de Química Orgânica, Solomons e Fryhle (2000, p.2) afirmam que o componente curricular em questão é responsável pelo estudo dos compostos que são o centro da vida nesse planeta, os compostos do carbono. Segundo esses autores, “somos, em grande parte, constituídos apenas por compostos orgânicos, não somos apenas derivados e alimentados por eles, como estamos vivendo a era da Química Orgânica”. Eles destacam que muitas das substâncias naturais e sintéticas espalhadas por nosso cotidiano, como as roupas, os combustíveis, os plásticos ou os medicamentos fazem parte de um arcabouço teórico compreendido dentro da área de conhecimento da Química orgânica.

Nesse contexto, é de fundamental importância a renovação do ensino de Química, baseada na inovação de materiais didático-pedagógicos, que possibilitem aos alunos um novo olhar para tal disciplina, despertando o interesse destes pelas aulas. De acordo com Pinheiro et al. (2004, p. 104):

Para romper esse estigma, alguns professores buscam várias maneiras de renovar e inovar o ensino. Nas transformações por que passa a escola, com vista à reformulação dos métodos educacionais, os materiais didáticos são de fundamental importância no trabalho do professor. Eles se constituem em instrumentos que possibilitam planejar boas situações didáticas, buscando promover a ampliação dos conhecimentos dos alunos, permitindo-lhes desenvolver conceitos, problematizar questões e articular conteúdo. Para isso, o professor deverá criar situações concretas de aprendizagem.

Diante do exposto, cabe ao professor desenvolver reflexões sobre o desenvolvimento da sua prática pedagógica, buscando sempre metodologias alternativas incluindo-se no processo de ensino e aprendizagem.

(TIC)

A formação inicial e continuada de professores é um tema bastante discutido, além de não ser um tema novo, como é possível constatar nas obras de Nóvoa (1995), Marcelo (2013), Imbernón (2010), Celani (1988) e Candau (2007). Estes estudos são uma consequência da necessidade oriunda da própria valorização do papel docente, visto o histórico de desvalorização dessa formação como política de governo no Brasil, de forma que sempre esteve aliada a uma certa falta de prestígio. Este desprestígio docente, também histórico, é notório por distintos aspectos.

Como a questão do ingresso ao longo da trajetória da institucionalização da educação no Brasil, Freire (1991) tece argumentos a formação permanente de educadores. Em suas palavras:

[...] um dos programas prioritários em que estou profundamente empenhado é o de formação permanente dos educadores, por entender que os educadores necessitam de uma prática político-pedagógica séria e competente que responda à nova fisionomia da escola que se busca construir. (FREIRE, 1991, p. 80).

Em se tratando da formação docente, há uma necessidade de discussão ainda mais profunda, e uma ferramenta que pode ser utilizada nessa formação continuada são as TIC. Porém, é necessário se ter um professor que esteja preparado, o que nos retoma novamente à discussão de formação docente realizada anteriormente. Para isso, as instituições formadoras devem possibilitar-lhe o alcance da capacidade de integrar as novas tecnologias a favor do processo de ensino-aprendizagem, possibilitando encararmos o ensino de forma diferente da tradicional, ou seja, tentando construir uma escola inovadora que dê condições ao aluno de ter um maior e melhor desenvolvimento intelectual e social. Como sustenta Lima (2001, p.11), a introdução das ferramentas digitais na escola trará mudanças sociais, na qual o conhecimento passa a ser construído de forma mediada e o professor passa a ensinar e aprender junto aos alunos de forma inovadora e interativa.

Com a expansão do uso de recursos que adentram o interior das escolas, de modo a conduzir os sujeitos, ao seu uso irrefletido nas práticas pedagógicas, assim sendo, precisa-se melhorar a competência dos professores em utilizar as tecnologias de comunicação e informação na sala de aula. Além disso, o professor deve conhecer profundamente a instituição escolar. A respeito, esclarece Gauthier et al. (2006, p.31):

Em suma, [o professor] possui um conjunto de saberes a respeito da escola que é desconhecido pela maioria dos cidadãos comuns e pelos membros das outras profissões. É um saber profissional específico, que não está diretamente relacionado com a ação pedagógica, mas serve de pano de fundo tanto para ele quanto para os outros membros de sua categoria socializados da mesma maneira. Esse tipo de saber permeia a maneira de o professor existir profissionalmente.

Pode-se acrescentar que as tecnologias vêm ganhando muito espaço no mundo contemporâneo, e no processo de ensino e aprendizagem não é diferente,

corroborando com a interdisciplinaridade que deve se fazer presente no processo de ensino e aprendizagem. Necessita-se da apropriação das ferramentas tecnológicas para uma eficácia do processo de aprendizagem, porém nossos docentes, muitas vezes, não estão preparados ou preferem não arriscar e continuam suas práticas diárias desconectadas dos recursos digitais, fazendo com que essa ferramenta não seja útil para o aluno não ocorrendo a ligação com as novas ferramentas.

Segundo Kenski (2003), as inovações tecnológicas vêm causando alterações profundas no comportamento humano, uma vez que, as mesmas impõem-se no cotidiano de todo o grupo social. Sendo assim, ela defende que as TIC, por sua vez, manifestadas à televisão, computador, propulsores da comunicação atual, são resultantes do processo de evolução tecnológica promovido pelo homem ao longo do tempo, e vem influenciando intensamente no nosso cotidiano em diferentes esferas, isto é, na nossa forma de pensar, sentir, agir, de nos relacionarmos e adquirirmos conhecimentos.

O uso das TIC nas práticas educativas deve estar alinhado a uma concepção de educação comprometida em romper com a educação bancária, estática, mecânica e alienante, como afirma Freire (1987, p. 40):

Assim é que, enquanto a prática bancária, como enfatizamos, implica numa espécie de anestesia, inibindo o poder criador dos educandos, a educação problematizadora, de caráter autenticamente reflexivo, implica num constante ato de desvelamento da realidade [...] a compreensão resultante tende a tornar-se crescentemente crítica, por isto, cada vez mais desalienada.

A partir da perspectiva apresentada, observamos que a concepção de formação humana integral deve ser norteadora da formação docente para o uso das TIC no contexto da Educação, por romper com a ideia de formação voltada exclusivamente para o trabalho em seu aspecto prático e simplificado, nessa perspectiva de formação docente para o uso das TIC, de forma dialógica com a concepção humana integral, o homem deve ser concebido como um sujeito histórico que atua na construção e transformação da sociedade para satisfação dos interesses coletivos, a partir de uma leitura e participação crítica na sociedade, no que diz respeito aos aspectos político, econômico e cultural.

Desse modo, podemos destacar o jogo digital como uma ferramenta integrada dentro das TIC, sendo um ambiente facilitador do ensino. Então, ao aliar a questão da diversão com o propósito de ensino utilizando jogos digitais como mediadores de aprendizagem, a chance de elevar a motivação e o comprometimento dos alunos aos estudos aumenta substancialmente. Nas palavras de Grossi (s.d., p. 86) “O jogo é uma atividade rica e de grande efeito que responde às necessidades lúdicas, intelectuais e afetivas, estimulando a vida social e representando, assim, importante contribuição na aprendizagem”.

JOGOS DIGITAIS: INSTRUMENTOS PARA A APRENDIZAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA

No processo de ensino e aprendizagem, não se pode dizer que o computador é a solução de todos os problemas, mas a maneira com a qual o professor utiliza este recurso poderá sim trazer contribuições positivas. Porém, ao utilizar esta tecnologia, o professor precisa estar sempre atento para não transformar o computador em mais um objeto de auxílio, apenas transcrevendo a aula do quadro branco para a tela, como em uma apresentação do PowerPoint, sem nenhum tipo de construção dos conteúdos ou interação do aluno com os mesmos.

Dentro dos diversos recursos ofertados pelo uso do computador e da internet, os jogos e aplicativos digitais se apresentam como recursos que podem ser utilizados para dar suporte ao aprendizado auxiliando tanto a modalidade à distância como a presencial porque é suportado por tecnologias. Ainda que os jogos e aplicativos não sejam um objeto formalmente criado com a finalidade de educar, de produzir ou transmitir conhecimento para o jogador, segundo, Tonéis (2010), pesquisas mostram que os jogadores afirmam que aprendem muitas coisas com o jogar, visto que os jogos despertam e incentivam um comportamento de curiosidade, uma necessidade de informação, que produz comportamentos de pesquisa sobre o jogo, seu universo, seus personagens que vão muito além do instrumento.

Karl M. Kapp (2012, p. 143) define jogo como: “Um jogo é um sistema no qual jogadores se engajam em um desafio abstrato, definido por regras, interatividade e feedback: o que gera um resultado quantificável frequentemente elicitando uma reação emocional”. É perceptível que esta definição nos oferece uma perspectiva muito interessante sob o ponto de vista da aprendizagem. Esta definição de jogo correlaciona objetivos alcançáveis e mensuráveis a um sistema definido por regras, estabelecendo assim a interatividade e a presença do feedback essencial para o acompanhamento da evolução da aprendizagem.

Com o propósito é promover a aprendizagem, muitos dos elementos dos jogos digitais são baseados em psicologia educacional e muitas coisas os professores já têm feito ao longo dos anos, como por exemplo oferecer um feedback (correção de exercícios). A grande diferença é que os jogos digitais acrescentam uma nova camada de interesse ao trazer todos elementos juntos e acrescenta a eles um viés lúdico e dinâmico, viabilizando uma internalização de conteúdos mais facilmente. Salientamos que, em termos de aprendizagem, um dos maiores benefícios é o fato de que os jogos diminuem sensivelmente o tempo necessário para o aprendizado de um conceito, pois, focados na essência do aplicativo digital diminui as resistências provenientes da realidade.

Para Nóvoa (2015) o que define a aprendizagem não é saber muito, é compreender bem aquilo que se sabe. É preciso desenvolver nos alunos a capacidade de estudar, de procurar, de pesquisar, de selecionar, de comunicar. Pode ser uma

tarefa mais complexa do que imaginamos a princípio. Para isto, deve-se definir aprendizagem como uma mudança relativamente permanente no comportamento, resultante da experiência. Algumas vezes falamos em aprender sobre algo e outras vezes falamos em aprender como fazer algo. Alguns tipos de aprendizagem envolvem palavras, enquanto outros envolvem ações. Notamos que aprender está ligado a modelar um comportamento.

No caso da Química Orgânica que revela conceitos essencialmente reais e de fácil contextualização, os jogos e aplicativos digitais apresentam, na maioria das vezes, uma situação do cotidiano dos alunos, propondo problemas que envolvem os conteúdos, facilitando assim a compreensão dos compostos orgânicos e suas aplicações no dia-a-dia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo, intencionou-se apresentar uma pesquisa bibliográfica com vertente para o processo de ensino-aprendizagem embasada na utilização de sequência didática utilizando jogos digitais no ensino de química orgânica. No caminhar deste trabalho, fica notório a necessidade que os professores se aperfeiçoem cada vez mais, se formem e transformem-se tentando sempre a incursão de novas tecnologias em sala de aula. Sendo assim, relacionar a teoria com a prática de uma forma interativa e que exalta a curiosidade dos envolvidos mais que emancipa a sociointeração, é necessário que os docentes precisam utilizar abordagens interdisciplinares e contextualizadas nos conteúdos programáticos, pois, quanto mais estes utilizarem metodologias diferenciadas tornará o aprendizado mais significativo, tornando o conteúdo científico expressivo na vida dos alunos.

Surge então a necessidade da criação de metodologias alternativas que serão capazes de alterar a forma exposição dos conteúdos que, comumente, são abordados de maneira sistemática como uma forma de condicionamento em sala de aula, os quais não condizem com a didática necessária a atrair a aplicação e atenção dos alunos. Uma das possíveis soluções existentes, encontra-se os jogos digitais.

Sendo assim, existe um potencial enorme na utilização destas ferramentas não só como meio de entretenimento ou recreação, mas também como artefato de aprendizagem, ou seja, incluir nos jogos conceitos que podem ser abstraídos pelos discentes que podem impactar positivamente no quesito de obtenção de conhecimentos inerentes ao jogo.

REFERÊNCIAS

ABREU, R. G. de.; LOPES, A. C. A interdisciplinaridade e o Ensino de Química: uma leitura a partir das políticas de currículo. In: SANTOS, W. L.P; MALDANER. O.A (org). **Ensino de Química em Foco**. Ijuí: Unijuí, 2011, p.78-98.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: MEC/Semtec, 1996.

CANAU, V. M. Formação continuada de professores: tendências atuais. In: REALI, M. de M.; MIZUKAMI, M. da G. N. (Org.). **Formação de professores: tendências atuais**. São Carlos: EdUSFCar, 2007. p. 139-152.

CELANI, M. A. A. **A educação continuada do professor**. SBPC Ciência e Cultura, São Paulo, v. 40, n. 2, p. 158-163, fev. 1998.

DOLZ, Joaquim; NOVERRAZ, Michele; SCHNEUWLY, Bernard. Sequência didática para o oral e a escrita: apresentação de um procedimento. In: SCHNEUWLY, Bernard; DOLZ, Joaquim. **Gêneros orais e escritos na escola**. São Paulo: Mercado de Letras, 2004.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. 46 eds. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2005.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa/Antônio Carlos Gil. 4. ed. - São Paulo: Atlas, 2002.
LÉVY, Pierre. **As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática**. Rio de Janeiro: Editora 34, 1993.

IMBERNÓN, F. **Formação continuada de professores**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

MARCELO, C. **Formação de professores: para uma mudança educativa**. Porto: Porto Editora, 2013.

MORAN, J. M. Mudar a forma de ensinar e aprender com tecnologias. **Revista Interações**, v. 5, n. 09 p. 57-72, jan./jun. 2000. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/354/35450905.pdf>>. Acesso em 19 mar. 2018.

Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica(Semtec). **PCN Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais– Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/Semtec, 2002.

NÓVOA, Antônio (Coord.). **Os professores e a sua formação**. 2 ed. Lisboa: Dom Quixote, 1995.

ROEGIERS, Xavier. **Uma pedagogia da integração**. Trad. Carolina Huang. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

SILVA, R. R.; MACHADO, P. F. L.; TUNES, E. Experimentar Sem Medo de Errar. In: SANTOS, W.L. P.; MALDANER, O.A (org.). **Ensino de Química em Foco**. Ijuí: Unijuí, 2011, p. 231-261.

SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. B. **Química Orgânica**. Volume 1. Tradução: LIN. W. O, Rio de Janeiro: LTC, 7ª ed, 2000. 645p.

SOUZA, F. L.; AKAHOSHI, L. H.; MARCONDES M. E. R.; CARMO, M. P. **Atividades experimentais investigativas no ensino de química**. Cetec capacitações: Projeto de formação continuada de professores da educação profissional do Programa Brasil Profissionalizado - Centro Paula Souza - Setec/MEC. Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2013, 91p. Disponível em:<http://gepeqiusp.wixsite.com/gepeq/publicaes>. Acesso em 20 de abril. 2018.

ZABALA, Antoni., **A prática educativa: como ensinar**. Trad. Ernani F. da Rosa – Porto Alegre: ArtMed, 1998.

ANÁLISE DA RESISTÊNCIA À PUNCTURA DO COBRE POR ENSAIO PADRONIZADO DE ULTRAMICRODUREZA

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: O cobre é um dos elementos de grande valor e importância na indústria, sendo aplicado devido a sua facilidade de obtenção, boa condutibilidade térmica e elétrica, além da capacidade de trabalhabilidade deste material quando em temperatura ambiente. Este trabalho tem por objetivo analisar as características

superficiais do cobre quando submetido a punctura, analisando sua resistência mecânica à penetração por indentador e em função do tratamento superficial recebido. A amostra foi analisada em microscopia ótica em diversas fases durante o tratamento superficial recebido e submetido a ensaio de ultramicrodureza variando a carga aplicada em 4 valores específicos. Os resultados apontam uma melhoria significativa da amostra quando submetido a tratamento superficial de lixamento e polimento com alumina, reduzindo drasticamente as rugosidades superficiais. Observou-se que o ataque com cloreto de ferro hexahidratado proporciona uma melhor visualização dos contornos de grão a partir dos 25 segundos de imersão da superfície.

PALAVRAS-CHAVE: Cobre, Ultramicrodureza, Resistência à penetração, Tratamento Superficial.

ABSTRACT: Copper is one of the elements of great value and importance in the industry, being applied due to its ease of production, good thermal and electrical conductivity, and the workability of this material when at room temperature. This work aims to analyze the surface characteristics of copper when subjected to puncture, analyzing its mechanical resistance to penetration by indenter and as a function of received surface treatment. The

sample was analyzed under optical microscopy in several phases during the surface treatment and submitted to ultramicrohardness test varying the applied load in 4 specific values. The results indicate a significant improvement of the sample when submitted to surface treatment of sanding and polishing with alumina, drastically reducing surface roughness. It was observed that etching with hexahydrated iron chloride provides a better visualization of the grain boundaries from the 25 seconds of surface immersion. **KEYWORDS:** Copper, Ultramicrohardness, Puncture, Surface treatment

1 | INTRODUÇÃO

O cobre é um metal de transição localizado na família 1B (grupo 11) da tabela periódica, com número atômico 29, massa atômica 63,546 e raio atômico calculado de 128 pm (picômetros = 10^{-12}). Sua estrutura é cúbica de face centrada, cujas propriedades físicas mais importantes são o ponto de fusão (1357,77 K), ponto de ebulição (2835 K), entalpia de fusão (13,26 kJ/mol), entalpia de ebulição (300,4 kJ/mol), densidade teórica de 8,92 g/cm³ e condutividade térmica de 401 W/(m·K) (BROCCHI, 2007; CALLISTER E RETHWISCH, 2012; SMITH E HASHEMI, 2012). Suas principais características envolvem a maleabilidade, boa condutividade térmica e elétrica, boa trabalhabilidade, ductibilidade, usinabilidade e resistência mecânica, sendo considerado um metal nobre na indústria.

Suas principais aplicações incluem a produção de ligas metálicas como o latão (zinco), bronze (estanho), cuproaluminios, cuproníqueis e ouro 18k (75% ouro e 25% cobre). Porém sua aplicação mais observável é na produção de condutores elétricos (cabos, conectores, contatos elétricos, fabricação de motores) e equipamentos (aquecedores solares, condutores de calor, tubulações de água). Para identificar características em escala microscópica do cobre e delimitar uma aplicação em função de sua microestrutura, se faz necessário o uso da microscopia (BROCCHI, 2007; CALLISTER E RETHWISCH, 2012; SMITH E HASHEMI, 2012).

A microscopia é uma técnica de captura e análise de imagem cujo objetivo é obter imagens ampliadas de um objeto, permitindo a distinção de detalhes não visíveis a olho nu, considerando a análise sob três parâmetros: aumento, resolução e contraste (COLPAERT, 2008; MANNHEIMER, 2002). No caso de metais, a microscopia ótica é utilizada para identificar na área de superfície elementos como contornos de grão, efeitos de ataque químico à superfície lixada e polida, existência de rugosidades, qualidade do lixamento e polimento em amostras para realização de ensaios de dureza, microdureza e ultramicrodureza.

Um dos ensaios não destrutivos (END) mais utilizados é o ensaio de dureza, cujo procedimento usual se faz por indentação instrumentada de uma amostra. A dureza é uma propriedade no qual o material oferece resistência ao riscamento de sua superfície, à penetração de um material sobre este, ao corte por uma ferramenta, à deformação plástica permanente e/ou ao tratamento térmico ou mecânico de um

metal e respectivo desgaste (SOUZA, 1995; SILVA JÚNIOR E MARQUES, 2006; SMITH E HASHEMI, 2012; SCHON, 2013).

Os ensaios de dureza mais utilizadas são o Brinell, Rockwell, Vickers e Knoop. As principais escalas de dureza juntamente com uma breve descrição são apresentadas na Tabela 1, onde os valores obtidos estão em função de medições ou conversões de unidades de força pela área de superfície de contato, conforme Souza (1995) descreve. O valor de dureza para cada um destes tipos de ensaio depende da forma do indentador e da carga aplicada, sendo estes indentadores feitos de aço temperado, carbeto de tungstênio ou diamante (SMITH E HASHEMI, 2012). Os ensaios normalizados são realizados aplicando-se lentamente uma determinada carga ao indentador, que o faz penetrar perpendicularmente à superfície da amostra (SMITH E HASHEMI, 2012; SCHON, 2013).

Escola	Surgimento	Descrição geral do método	Fórmula
Mohs	1822	Mede a capacidade de um material riscar o outro	Mínimo: Talco (1) Máximo: Diamante (10)
Martens	1890	Dureza por risco. Carga e ângulo do penetrador fixos.	-----
Brinell (HB)	1900	Penetração de uma esfera de aço de diâmetro "D" sob ação de uma força F. Impressão é uma calota esférica de diâmetro "d".	$HB = \frac{2F}{\pi D D - \sqrt{D^2 - d^2}}$
Rockwell (HR)	1922	Mede-se a penetração de uma ponta sob ação de uma carga fixa. Usa-se várias pontas e cargas.	-----
Vickers (HV)	1925	Mede-se as diagonais da base "d" da <u>indentação</u> causada pela penetração de uma pirâmide sob ação de uma força F.	$HV = 1,8544 \frac{F}{d^2}$

Tabela 1 – Principais escalas de dureza (SOUZA, 1995).

A tabela supracitada aponta as principais características observadas para a realização das medidas de dureza de acordo com os recursos disponibilizados, de forma que as medidas Brinell e Vickers são as mais utilizadas por possuírem um modelo de análise objetivo dos dados aferidos.

Ensaio de ultramicrodureza são ensaios de dureza dinâmica, a qual relaciona força máxima aplicada durante o ciclo de indentação se referem às indentações estáticas provocadas por cargas inferiores a 2N e penetração inferior a 0,2 µm, podendo os indentadores serem pirâmides de base quadrada de Vickers ou de base triangular de Berkovich, conforme ISO 14577-1 (ISO, 2015) e ASTM E-384 (ASTM, 2017). O procedimento é muito semelhante ao teste padrão Vickers, com exceção da escala aplicada – microscópica – e da precisão superior dos instrumentos (SOUZA, 1995).

O indentador de Berkovich é um tipo de indentador no qual sua geometria é

de uma pirâmide de três lados que é geometricamente auto-similar, cujo perfil muito plano, tem um ângulo total de $142,3^\circ$ e ângulo médio de $65,27^\circ$. Este indentador de Berkovich tem a mesma proporção projetada de área para profundidade como o indentador Vickers e tem a vantagem de manter a geometria em escalas nanométricas (DE LIMA, 2011).

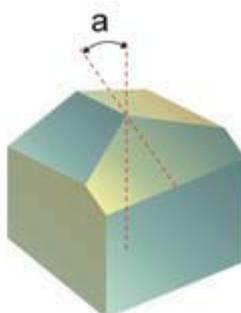


Figura 2 – Esquemática de um indentador Berkovich mostrando um ângulo médio.

Como o indentador é um tetraedro, é mais fácil das pontas serem mantidas em seu formato original e mais facilmente utilizadas para os testes de nanoindentação. É tipicamente utilizado para ensaiar materiais preenchidos e filmes finos com espessuras conforme normas (ISO, 2015; ASTM, 2017). O objetivo deste trabalho foi caracterizar o cobre através do ensaio de ultramicrodureza e avaliar a propriedade de resistência a punctura do material metálico cobre, analisando a variação da profundidade de penetração residual do cobre em função da carga aplicada, determinando dureza e o módulo de elasticidade, assim como analisar as características da superfície em função do tratamento superficial realizado.

2 | METODOLOGIA

Todo o procedimento foi realizado na área de Metalografia do Laboratório de Solidificação Rápida da Universidade Federal da Paraíba (LSR – UFPB) e a preparação da amostra seguiu as recomendações observadas em Colpaert (2008).

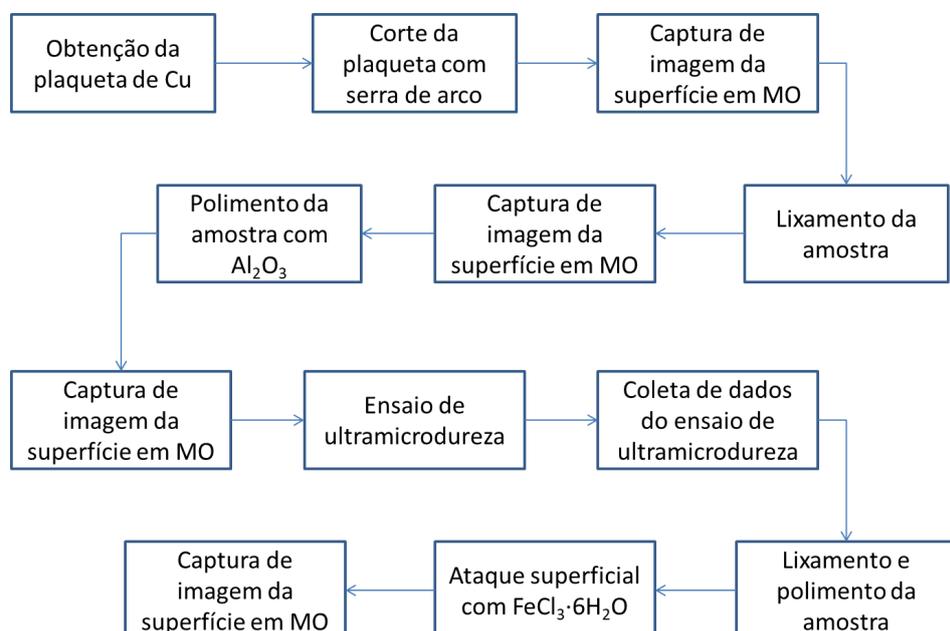
A amostra de cobre foi cortada com serra de arco, gerando 3 amostras e a amostra com superfície visualmente menos danificada foi analisada no microscópio ótico (MO) modelo BX41M-LED, marca Olympus com resolução de 50x. Em seguida, lixas d'água no tamanho de 200, 320, 420, 600, 800, 1000 e 1200 foram utilizadas em um suporte para lixas para realizar o lixamento em água corrente de fluxo controlado.

Foram realizados movimentos unidirecionais de baixo para cima e girando a amostra em 90° a cada 20 passadas contadas e perfazendo um total de 80 passadas em cada tamanho de lixa, totalizando um total de 560 passadas antes de nova captura de imagem pelo MO.

Após o MO da amostra lixada, esta foi levada para ser polida em politriz utilizando para tal uma solução de alumina disponível na área de metalografia do LSR. A politriz já estava montada com lixa apropriada para polimento de metais e a alumina foi colocada em quantidade considerada suficiente para realizar o polimento a uma velocidade de 125 rpm durante $1 \pm 0,05$ minuto, contrarrotacionando em 90° a amostra a cada $10 \pm 0,5$ segundos para efetivar o polimento da superfície da amostra.

A amostra polida então foi lavada em água destilada expelida por pisseta e seca em secador semiprofissional para cabelos durante 30 ± 1 segundos, sendo esta levada novamente para MO e capturada imagens da superfície polida. Em seguida, realizou-se o ensaio de ultramicrodureza, utilizando ultramicrodurômetro da marca Shimadzu modelo DUH-211S com indentador de Berkovich, variando as cargas em 250, 500, 750 e 1000 mN em triplicata durante 10 segundos, com velocidade de carga de $13,47 \text{ mN} \cdot \text{s}^{-1}$, coeficiente de Poisson de 0,3 e força mínima em 1,96 mN. O número de ensaio para cada carga, bem como o número de penetrações para cada carga foram selecionados e realizados conforme especificações da norma ISO 14577-1 (2015). Tanto os valores de dureza como o módulo de elasticidade foram fornecidos pelo ultramicrodurômetro Shimadzu modelo DUH-211S. Após o ensaio de ultramicrodureza realizado, os valores médios de dureza para cada carga, assim como o módulo obtido para cada carga foram coletados e podem ser verificados na Tabela 2.

Em seguida a amostra foi novamente lixada e polida, conforme supracitado, para realização de ataque com cloreto de ferro hexahidratado. A imersão da amostra foi realizada em dois tempos: 15 e 25 (± 1) segundos, lavada logo em seguida com álcool etílico e seca em secador semiprofissional para cabelos por 15 ± 1 segundos. Novo MO foi realizado e repetição do procedimento completo realizado para a imagem com ataque por 25 segundos, conforme figura 2 seguinte.



3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir do processo descrito na figura 2, é necessário observar a questão da repetibilidade do procedimento, uma vez que não é descrito na literatura padrões objetivos quanto ao lixamento e polimento de amostras para se averiguar a qualidade deste processo, de forma que a avaliação da qualidade do polimento normalmente é realizado sob parâmetros subjetivos e que dependem diretamente da percepção do pesquisador para realizar os procedimentos do ensaio de ultramicrodureza, o que não é aplicado neste estudo.

De acordo com as imagens obtidas em microscopia, a amostra inicialmente apresentou uma grande quantidade de rugosidades superficiais e possíveis oxidações decorrentes da submissão da amostra às condições ambientais na qual estava submetida, conforme figura 3.



Figura 3 – Amostra de cobre sem tratamento superficial. Ampliação 50x.

O lixamento sequencial da amostra, conforme metodologia apresentada, removeu as rugosidades superficiais mais evidentes e as oxidações nas camadas mais externas, permitindo observar a amostra com maior distinção e averiguar o brilho refletido pelo mesmo. No entanto, a amostra ainda se mostra inadequada para o ensaio de ultramicrodureza devido as marcas do próprio lixamento, conforme figura 4.



Figura 4 – Amostra de cobre após lixamento em lixa d’água na sequência 200, 320, 420, 600, 800, 1000 e 1200. Micrografia após a lixa 1200. Ampliação 50x.

Face a esta condição, o polimento realizado com solução de alumina na amostra eliminou as ranhuras do lixamento na superfície da amostra de forma efetiva, eliminando as rugosidades que poderiam comprometer a qualidade das medidas do ensaio de ultramicrodureza e mostrando pontos na superfície da amostra, conforme figura 5, que podem ser microdefeitos provocados pelo aquecimento decorrente do corte da peça com a serra de arco.

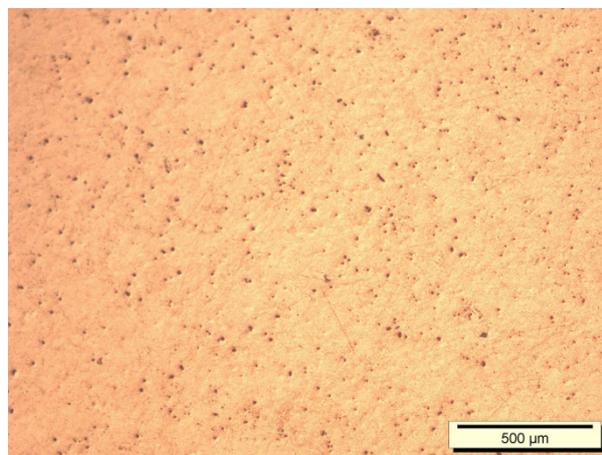


Figura 5 – Amostra de cobre após lixamento e polimento com solução de alumina. Ampliação 50x.

Nos ensaios de ultramicrodureza, conforme os procedimentos estabelecidos pela norma ISO 14577-1 (2015), os resultados obtidos mostram que, à medida que se aumenta a carga aplicada na amostra, o módulo de elasticidade e sua profundidade de penetração aumentam. No entanto, é possível averiguar que a evolução da força aplicada chega a um determinado valor limite, estabiliza e decai rapidamente sem haver uma redução da profundidade de penetração e, em seguida, há uma redução da profundidade quando a força aplicada está em níveis residuais.

Esta característica indica que o cobre tem a capacidade de recuperação elástica parcial, mesmo que a amostra tenha sido submetida a uma deformação

plástica, conforme a figura 6 seguinte. Destaca-se que para a indentação a 750 mN, a evolução da profundidade de penetração se mostra menos resistente do que as demais cargas aplicadas, devido à provável presença de falha na microrregião indentada com esta carga.

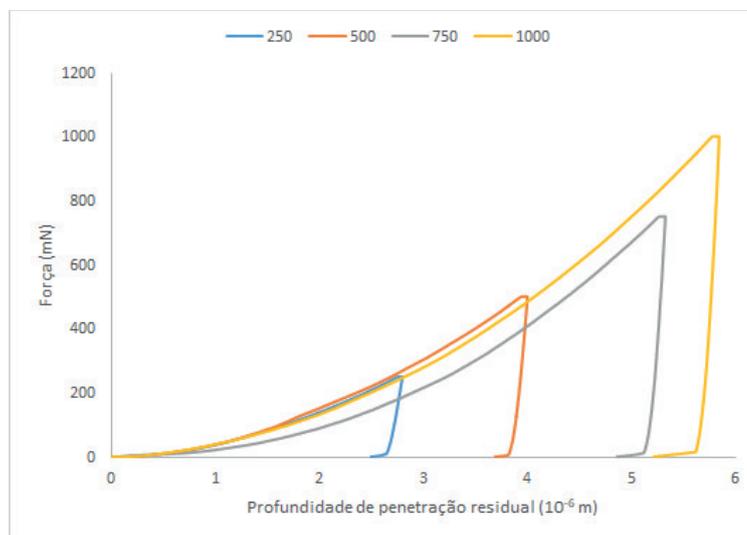


Figura 6 – Relação Força x Penetração na amostra de cobre.

Para os valores obtidos de dureza, conforme tabela 2 seguinte, indica que o aumento da carga aplicada, de 250 a 1000 mN, indica uma redução da leitura de dureza do material de forma que a dispersão dos dados não é uniforme, indicando variabilidade da propriedade de dureza do cobre em função da carga aplicada. Deste modo, a dureza pode ser correlacionada com o limite de proporcionalidade (ASTM, 2017), indicando que o cobre atinge sua capacidade limite de acomodação espacial da microestrutura quando submetido a uma carga de 750 mN, consequência de um possível defeito microestrutural presente na microrregião analisada. Qualquer carga de valor superior não oferece o tempo necessário para que a estrutura de cobre possa se rearranjar e acomodar a carga e, com isto, a estrutura oferece resistência à penetração e a dureza toma sentido crescente, conforme figura 7 demonstra.

Força (mN)	Dureza (HV)	Módulo de elasticidade (MPa)	Profundidade máxima de penetração (μm)
250	110,01	1,28x10 ⁵	2,6707
500	107,32	1,89x10 ⁵	3,8752
750	90,698	1,97x10 ⁵	5,1916
1000	100,405	2,30x10 ⁵	5,6999

Tabela 2 – Dureza, módulo de elasticidade e profundidade de penetração média em função da carga aplicada.

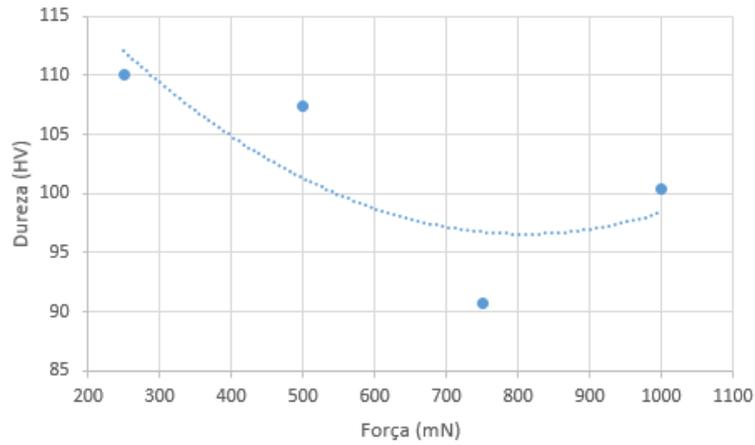


Figura 7 – Dureza em função da carga aplicada.

A Lei de Hooke (SILVA JÚNIOR E MARQUES, 2006; GARCIA, SPIM, DOS SANTOS, 2012) determina que, uma vez atingida a tensão limite de proporcionalidade, a deformação nele produzida é proporcional e sua relação é linear. Visto isso, é possível deduzir que a carga aplicada é diretamente proporcional ao módulo de elasticidade (E) do material. As variações mais significativas estão na faixa de 250 para 500 mN (+47,65%) e de 750 para 1000 mN (+16,75%), conforme figura 8, indicando a sua linha de tendência linear que existe uma correlação significativa entre os valores obtidos do E com a carga aplicada, uma vez que a dispersão dos pontos é menor em relação à dureza.

Observa-se também que a profundidade máxima de penetração aumenta com a carga aplicada, porém a variação de penetração reduz e identifica-se uma forte correlação entre a profundidade máxima e a carga aplicada no cobre, conforme figura 9. Isto indica que a velocidade de conformação da microestrutura do cobre aumenta conforme o aumento da carga aplicada, corroborando com as informações da tabela 2.

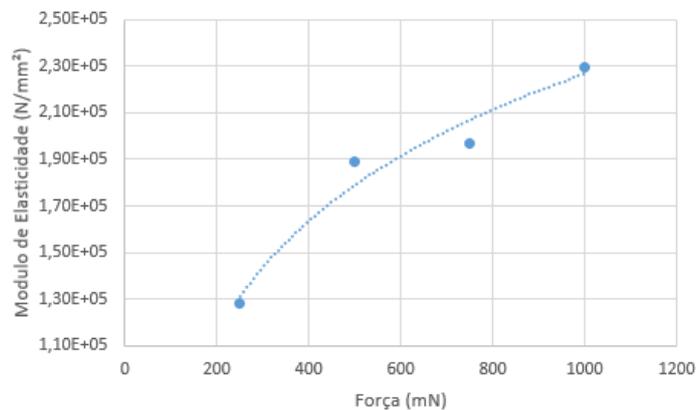


Figura 8 – Módulo de elasticidade em função da carga aplicada.

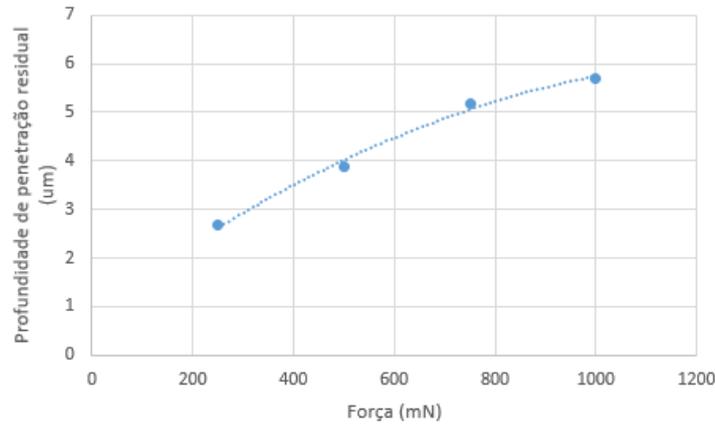


Figura 9 – Profundidade máxima de penetração em função da carga aplicada.

Após o ensaio, a amostra foi lixada e polida novamente para a execução do ataque com $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (cloreto de ferro hexahidratado) para observar a formação de contornos de grão. Os ataques realizados em 15 e 25 segundos, respectivamente, mostram que aos 15 segundos, a amostra não agiu de forma efetiva ao fazer o ataque e os contornos de grão não se apresentam. Em 25 segundos, o ataque apresentou os primeiros sinais de efetividade, apresentando no canto superior direito princípios de contorno de grão, conforme figura 10 seguinte, removendo quase em sua totalidade os defeitos observados na figura 5.

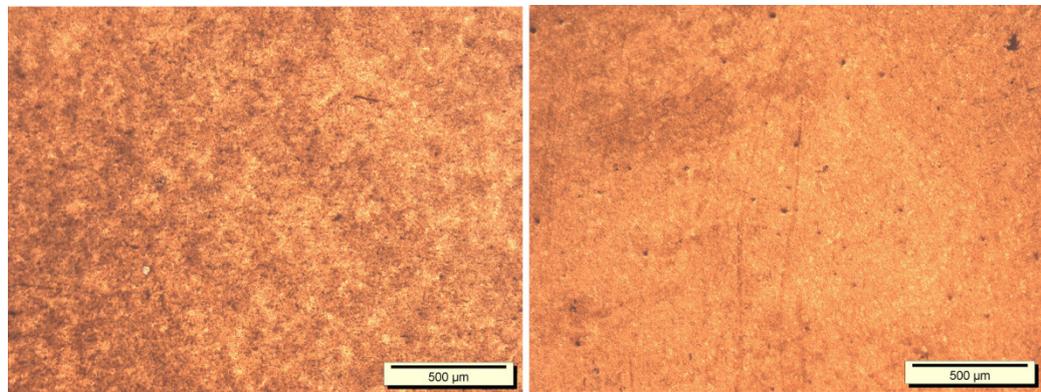


Figura 10 – Superfície da amostra de cobre após ataque de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ por 15 segundos (esq.) e por 25 segundos (dir.)

4 | CONCLUSÕES

De acordo com as informações obtidas, conclui-se que o experimento cujas características analisadas apontam que a dureza de um material está em função de um limite de carga aplicada, reduzindo o número da dureza. Porém, ao ultrapassar este limite, valores de carga aplicada implicam em um aumento de dureza do material, uma vez que a velocidade de acomodação do material se mostra insuficiente para distribuir a carga aplicada.

Não é possível estabelecer se existe a possibilidade de formação de trincas a

partir da carga aplicada no indentador com os recursos utilizados, porém é dedutível pelas informações computadas que o material oferece resistência à indentação, mas que a resistência está em função da velocidade de acomodação dos átomos da estrutura e na capacidade de dispersão da energia em função do volume da amostra analisada.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TEST AND MATERIALS – ASTM. **Standard test method for microindentation hardness of materials**. ASTM, West Conshohocken, USA, 2017.

BROCCHI, E. A. **Os metais: origens e principais processos de obtenção**. Disponível em <http://www.ccead.puc-rio.br/>, Rio de Janeiro, 2017.

CALLISTER, W. D.; RETHWISCH, D. G. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 8ª edição, Tradução de S. M. S. Soares, LTC, 2012.

COLPAERT, H. **Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns**. 4ª edição revista e atualizada por A. L. V. Costa e Silva, Blucher, São Paulo, 2008.

DE LIMA, B. A. S. G. **Propriedades mecânicas da liga Al-Cu-Fe-B com estrutura icosaedral através da técnica de endentação instrumentada**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011.

GARCIA, A.; SPIM, J. A.; DOS SANTOS, C. A. **Ensaio dos materiais**. 2ª ed, LTC, Rio de Janeiro, 2012.

INTERNATIONAL STANDARDIZATION FOR ORGANISATION – ISO. **Metallic materials – instrumented indentation test for hardness and materials parameters – part 1: test method**. ISO, Genebra, 2015.

MANNHEIMER, W. A. **Microscopia dos materiais: uma introdução**. Colaboração de P. F. Schmidt, G. F. Vander Voort e D. B. Williams, Sociedade Brasileira de Microscopia e Microanálise, Rio de Janeiro, 2002.

SCHON, C. G. **Mecânica dos materiais: fundamentos e tecnologia do comportamento mecânico**. Elsevier, Rio de Janeiro, 2013.

SILVA JUNIOR, S. F.; MARQUES, P. V. **Ensaio Não Destrutivos**. Disponível em <http://www.demec.ufmg.br/>, Belo Horizonte, 2006.

SMITH, W. F.; HASHEMI, J. **Fundamentos de Engenharia e Ciência dos Materiais**. 5ª edição, Reimpressão, Tradução de N. G. Costa, R. D. M. de Carvalho e M. L. N. M. Melo, AMGH, Porto Alegre, 2012.

SOUZA, S. A. **Ensaio mecânicos de materiais metálicos: fundamentos teóricos e práticos**. 5ª edição, 6ª reimpressão, Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 1995.

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 tratos 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

Acompanhante de parto 103
Álgebra linear 47, 49, 50, 52, 53, 54, 55, 56
Aminas benzílicas 388, 389

B

Biodiesel 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148

C

Capacidade antioxidante 126
Construção Civil 86, 87, 88, 98, 155, 157, 158, 163, 236, 237, 255

E

Energia solar 35, 36, 37, 38, 39, 40, 42, 43, 45, 46
Estatística 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 46, 89, 95, 149, 153, 173, 215, 278, 360

F

Formação docente 22, 24, 358, 364, 402, 403

G

Gestão do Conhecimento 248, 260, 366, 368, 370, 372, 373, 374

L

Letramento matemático 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78
Líquido celomático 175, 176, 177, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186

M

Metátese 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33
Múltiplas escalas 79, 80, 81, 82, 84

O

Ontologias biomédicas 113, 115, 120, 122

P

Perdas 3, 8, 9, 46, 141, 142, 146, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163

R

Redes Neurais 262, 264, 273

S

Secagem 35, 36, 37, 38, 39, 45, 46, 144, 289, 296

Sistemas lineares 50, 53, 188, 190, 192, 193

T

Teor de fibras 149, 150, 151, 153

V

Vermicompostagem 175, 176, 187

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-623-2

