

**Jorge González Aguilera
Alan Mario Zuffo
(Organizadores)**

Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida através da Evolução Tecnológica 4



Jorge González Aguilera

Alan Mario Zuffo

(Organizadores)

Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida através da Evolução Tecnológica 4

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: Karine de Lima
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) | |
|---|---|
| C569 | Ciências exatas e da terra e a dimensão adquirida através da evolução tecnológica 4 [recurso eletrônico] / Organizadores Jorge González Aguilera, Alan Mario Zuffo. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida Através da Evolução Tecnológica; v. 4) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-475-7 DOI 10.22533/at.ed.757191107 1. Ciências exatas e da terra – Pesquisa – Brasil. 2. Tecnologia. I. Aguilera, Jorge González. II. Zuffo, Alan Mario CDD 509.81 |
| Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422 | |

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

APRESENTAÇÃO

A obra “*Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida através da Evolução Tecnológica vol. 4*” aborda uma publicação da Atena Editora, apresenta, em seus 22 capítulos, conhecimentos tecnológicos e aplicados as Ciências Exatas e da Terra.

Este volume dedicado à Ciência Exatas e da Terra traz uma variedade de artigos que mostram a evolução tecnológica que vem acontecendo nestas duas ciências, e como isso tem impactado a vários setores produtivos e de pesquisas. São abordados temas relacionados com a produção de conhecimento na área da matemática, química do solo, computação, geoprocessamento de dados, biodigestores, educação ambiental, manejo da água, entre outros temas. Estas aplicações visam contribuir no aumento do conhecimento gerado por instituições públicas e privadas no país.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos nas Ciências Exatas e da Terra, os agradecimentos dos Organizadores e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias para a área da Física, Matemática, e na Agronomia e, assim, contribuir na procura de novas pesquisas e tecnologias que possam solucionar os problemas que enfrentamos no dia a dia.

Jorge González Aguilera
Alan Mario Zuffo

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| CAPÍTULO 1 | 1 |
| ANÁLISE DE SOBREVIVÊNCIA DE CÉLULAS DE CARCINOMA DE CÂNCER CANINO APÓS IRRADIAÇÃO COM EQUIPAMENTO DE COBALTO | |
| Paula de Sanctis Brunno Felipe Ramos Caetano Luis Maurício Montoya Flórez Valéria Barbosa de Souza Luís Fernando Barbisan Marco Antônio Rodrigues Fernandes Ramon Kaneno Rogério Antônio de Oliveira Willian Fernando Zambuzzi Noeme Sousa Rocha | |
| DOI 10.22533/at.ed.7571911071 | |
| CAPÍTULO 2 | 15 |
| AVALIAÇÃO COMPUTACIONAL DE INTERAÇÕES ENTRE AS PROTEÍNAS M E M2-1 DO VÍRUS SINCICIAL RESPIRATÓRIO HUMANO (HRSV) E RIBAVIRINA | |
| Ernesto Tavares Neto Leandro Cristante de Oliveira | |
| DOI 10.22533/at.ed.7571911072 | |
| CAPÍTULO 3 | 23 |
| ENCAPSULAMENTO DE NANOPARTÍCULAS FERROMAGNÉTICAS EM MATRIZ EPOXÍDICA PARA O TRATAMENTO DE HEPATOCARCINOMA | |
| Bruno de Vasconcellos Averaldo Hangai Alexandre Zirpoli Simões | |
| DOI 10.22533/at.ed.7571911073 | |
| CAPÍTULO 4 | 38 |
| ESTUDO QUÍMICO DO EXTRATO CLOROFÓRMICO DAS FOLHAS DA <i>Annona muricata</i> L. | |
| Maria Luiza da Silva Pereira Karoline Pereira Ribeiro | |
| DOI 10.22533/at.ed.7571911074 | |
| CAPÍTULO 5 | 48 |
| MÉTODO SIMPLIFICADO PARA CALCULAR A ROTAÇÃO DO SOL | |
| Matheus Leal Castanheira Dietmar Willian Foryta | |
| DOI 10.22533/at.ed.7571911075 | |
| CAPÍTULO 6 | 55 |
| MONITORAMENTO AMBIENTAL DOS FOCOS DE QUEIMADAS NO ESTADO DE ALAGOAS PARA OS ANOS DE 2015 E 2016 | |
| Esdras de Lima Andrade Whendel Cezar Silva de Couto Daniel Nivaldo da Conceição Alex Nazário Silva Oliveira Elizangela Lima de Oliveira | |
| DOI 10.22533/at.ed.7571911076 | |

| | |
|---|------------|
| CAPÍTULO 7 | 64 |
| MONITORAMENTO DE IMPACTOS AMBIENTAIS PÓS-IMPLANTAÇÃO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS E AÇÕES CORRELATAS DO ÓRGÃO AMBIENTAL FISCALIZADOR | |
| Poliana Arruda Fajardo | |
| DOI 10.22533/at.ed.7571911077 | |
| CAPÍTULO 8 | 74 |
| OSCILADOR HARMÔNICO: MODELO PARA A DESCRIÇÃO DE SISTEMAS FÍSICOS EM EQUILÍBRIO ESTÁVEL SOFRENDO PEQUENAS OSCILAÇÕES | |
| Pedro Henrique Ferreira de Oliveira João Philipe Macedo Braga | |
| DOI 10.22533/at.ed.7571911078 | |
| CAPÍTULO 9 | 86 |
| PALAVRAS CRUZADAS: UMA FERRAMENTA LÚDICA NO ENSINO DE MATEMÁTICA E DAS CIÊNCIAS DA NATUREZA | |
| Osmar Luís Nascimento Gotardi Andréa Martini Ribeiro Fernanda Marchiori Grave Letícia Cristiane Malakowski Heck Mario Victor Vilas Boas | |
| DOI 10.22533/at.ed.7571911079 | |
| CAPÍTULO 10 | 102 |
| QUANTIFICAÇÃO DE P-FENILENODIAMINA (PPD) EM FORMULAÇÃO DE CORANTE PERMANENTE DE CABELO | |
| Maria Letícia Mendes Soares Thamiris Costa dos Santos Carolina Venturini Uliana Mariele Mucio Pedroso Hideko Yamanaka | |
| DOI 10.22533/at.ed.75719110710 | |
| CAPÍTULO 11 | 111 |
| RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DIRETO DO POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) | |
| Mariana Basolli Borsatto Beatriz Garcia Silva Paulo César Lodi Rogério Custódio Azevedo Souza Bruna Rafaela Malaghini Caio Henrique Buranello dos Santos | |
| DOI 10.22533/at.ed.75719110711 | |

| | |
|--|------------|
| CAPÍTULO 12 | 121 |
| SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHO PARA O DESENVOLVIMENTO SEGURO DE BIOPROCESSOS | |
| Milson dos Santos Barbosa Lays Carvalho De Almeida Isabelle Maria Duarte Gonzaga Aline Resende Dória Luma Mirely Souza Brandão Isabela Nascimento Souza Débora da Silva Vilar Juliana Lisboa Santana Priscilla Sayonara de Sousa Brandão | |
| DOI 10.22533/at.ed.75719110712 | |
| CAPÍTULO 13 | 129 |
| SÍNTESE DOS NÍVEIS INTERPRETANTES DAS ESTAÇÕES DO ANO APRESENTADOS POR FUTUROS PROFESSORES DE CIÊNCIAS | |
| Daniel Trevisan Sanzovo Carlos Eduardo Laburú | |
| DOI 10.22533/at.ed.75719110713 | |
| CAPÍTULO 14 | 140 |
| SISTEMA DE CONTROLE EMPREGANDO TECNOLOGIA RFID | |
| Felipe de Carvalho Forti Alexandre César Rodrigues da Silva | |
| DOI 10.22533/at.ed.75719110714 | |
| CAPÍTULO 15 | 150 |
| TÉCNICAS DE MEDIÇÃO BASEADAS NA FUNÇÃO DE RESPOSTA EM FREQUÊNCIA PARA DETECÇÃO DE DANO BASEADA NA IMPEDÂNCIA ELETROMECAÂNICA | |
| Guilherme Silva Bergamim Caio Henrique Rodrigues | |
| DOI 10.22533/at.ed.75719110715 | |
| CAPÍTULO 16 | 164 |
| TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO APLICADAS À MINERAÇÃO NA REGIÃO SEMIÁRIDA DO SERIDÓ POTIGUAR | |
| Paulo Sérgio de Rezende Nascimento | |
| DOI 10.22533/at.ed.75719110716 | |
| CAPÍTULO 17 | 180 |
| UM ESTUDO SOBRE ANÉIS LOCAIS | |
| Brendol Alves Oliveira Gomes Eliris Cristina Rizzioli | |
| DOI 10.22533/at.ed.75719110717 | |
| CAPÍTULO 18 | 192 |
| UMA VISÃO GERAL DE FRAMEWORKS PHP POPULARES PARA PROGRAMAÇÃO WEB | |
| Lilian N A Lazzarin Leandro do Nascimento dos Anjos João Florentino da Silva Junior | |
| DOI 10.22533/at.ed.75719110718 | |

| | |
|--|------------|
| CAPÍTULO 19 | 202 |
| UM PANORAMA DA QUALIDADE DA INTERNET BANDA LARGA NA REGIÃO DO MATO GRANDE | |
| Igor Augusto De Carvalho Alves | |
| Hellen Adélia Oliveira Da Cruz | |
| Maria De Lourdes Assunção Soares Dantas Fonseca | |
| DOI 10.22533/at.ed.75719110719 | |
| CAPÍTULO 20 | 216 |
| USO DE SUPPORT VECTOR MACHINE EM AMBIENTE SUBTERRÂNEO: APLICAÇÃO EM POÇO DE MONITORAMENTO PARA REGRESSÃO DE DADOS DE NÍVEL DE ÁGUA | |
| Thiago Boeno Patricio Luiz | |
| Guilherme de Freitas Gaiardo | |
| José Luiz Silvério da Silva | |
| DOI 10.22533/at.ed.75719110720 | |
| CAPÍTULO 21 | 229 |
| UTILIZAÇÃO DA DIFRAÇÃO DE RAIOS X NA CARACTERIZAÇÃO DO HIDRÓXIDO DUPLO LAMELAR (HDL) MG/AL E SEU EFEITO MEMÓRIA | |
| Victor De Aguiar Pedott | |
| Elton Luis Hillesheim | |
| Iemedelais Bordin | |
| Rogério Marcos Dallago | |
| Marcelo Luís Mignoni | |
| DOI 10.22533/at.ed.75719110721 | |
| CAPÍTULO 22 | 237 |
| UTILIZAÇÃO DE SIMULAÇÕES NUMÉRICAS PARA ESTUDO DE ONDAS OCEÂNICAS | |
| Matheus José de Deus | |
| Mateus das Neves Gomes | |
| DOI 10.22533/at.ed.75719110722 | |
| SOBRE OS ORGANIZADORES | 242 |

ANALYSIS OF CANINE OSTEOSARCOMA CELLS SURVIVAL AFTER IRRADIATION WITH COBALT EQUIPMENT

Paula de Sanctis

UNESP, Faculdade de Medicina de Botucatu
Botucatu – São Paulo

Brunno Felipe Ramos Caetano

UNESP, Faculdade de Medicina de Botucatu
Botucatu – São Paulo

Luis Maurício Montoya Flórez

Universidade Pedagógica e Tecnológica da
Colômbia, Universidade de Caldas
Manizales - Caldas, Colômbia

Valéria Barbosa de Souza

UNICAMP, Departamento de Farmacologia
Campinas – São Paulo

Luís Fernando Barbisan

UNESP, Departamento de Morfologia
Botucatu – São Paulo

Marco Antônio Rodrigues Fernandes

UNESP, Departamento de Dermatologia e
Radioterapia
Botucatu – São Paulo

Ramon Kaneno

UNESP, Departamento de Microbiologia e
Imunologia
Botucatu – São Paulo

Rogério Antônio de Oliveira

UNESP, Departamento de Bioestatística

Willian Fernando Zambuzzi

UNESP, Departamento de Química e Bioquímica
Botucatu – São Paulo

Noeme Sousa Rocha

UNESP, Faculdade de Medicina Veterinária e

Zootecnia

Botucatu – São Paulo

ABSTRACT: Radiation therapy is widely used in the treatment of cancer in human patients and it is equally applicable in Veterinary Medicine. This study aims to evaluate the cell survival of primary cell culture of canine osteosarcoma after irradiation of different intensities of ionizing radiation. Cell survival was analyzed by MTT assay and the dual acridine orange/ethidium bromide (AO/EB) staining 24 and 72 hours after the treatment with different intensities of radiation. By the MTT assay, the cell unviability was significant for dose of 30 Gy (9.33% of cells were viable) and the AO/EB staining was excellent to analysis of slides, which enabled evaluate qualitatively cells at different stages of apoptosis, being verified increase of cellular unviability from 24 to 72 hours results from late effects of ionizing radiation and also by the duration time of the cell cycle. The results were proven the resistance of osteosarcoma to treatment with ionizing radiation. We expect to contribute to researching comparative and multidisciplinary oncology to serve as search incentive for new therapeutic approaches.

KEYWORDS: Osteosarcoma, *In vitro* models, Ionizing radiation, MTT assay, Fluorescence microscopy.

ANÁLISE DA SOBREVIVÊNCIA DE CÉLULAS DE OSTEOSSARCOMA CANINO APÓS IRRADIAÇÃO COM EQUIPAMENTO DE COBALTOTERAPIA

RESUMO: A radioterapia é amplamente utilizada no tratamento do câncer em pacientes humanos e é igualmente aplicável na Medicina Veterinária. Este estudo teve como objetivo avaliar a sobrevivência celular de uma cultura primária de osteossarcoma canino após esta ser irradiada com diferentes intensidades de radiação ionizante. A sobrevivência celular foi analisada pelo ensaio MTT e pela dupla coloração com laranja de acridina e brometo de etídio (AO/EB) 24 e 72 horas após o tratamento. Pelo ensaio MTT a inviabilidade celular foi significativa para a dose de 30 Gy (9.33% das células estavam viáveis) e a coloração AO/EB demonstrou ser excelente para a análise das lâminas, o que permitiu avaliar qualitativamente células em diferentes estágios de apoptose, sendo verificado aumento da inviabilidade celular de 24 para 72 horas como resultado dos efeitos tardios da radiação ionizante e também pelo tempo de duração do ciclo celular. Os resultados comprovaram a resistência do osteossarcoma ao tratamento com radiação ionizante. Esperamos contribuir para a pesquisa em oncologia comparada e multidisciplinar a fim de servir de incentivo para a busca de novos enfoques terapêuticos.

PALAVRAS-CHAVE: Osteossarcoma, Modelos *in vitro*, Radiação ionizante, Ensaio MTT, Microscopia de fluorescência.

1 | INTRODUCTION

The incidence of bone tumors in dogs is 7.9/100000, of which 98% are malignant. The classification includes primary, metastatic and invasive tumors. Among the primary ones, osteosarcoma (OSA) is the most diagnosed, from 80 to 85% of cases and 3 to 4% of all tumors diagnosed in these animals (DALECK, et al. 2002; GOMES, et al. 2006; OLIVEIRA; SILVEIRA, 2008; ANDRADE, 2009; ANGSTADT, et al. 2011; PIMENTA, et al. 2013; WYCISLO; FAN, 2015; WESTROM, et al. 2016; DE SANCTIS, et al. 2017). Despite of its low frequency in comparison to neoplasms from other organs, the study about osteosarcoma is relevant due to difficulties in its diagnostic and therapeutic conduction. Besides, it represents an excellent *in vivo* model for the study of human osteosarcoma and for presenting advantages in relation to studies performed on rats, since dogs live in the same environment as humans, for example (BERSANO, 2006; MUELLER, et al. 2007; PIMENTA, et al. 2013; WYCISLO; FAN, 2015; SHAHI, et al. 2015; DE SANCTIS, et al. 2017). OSA is characterized by chromosomal alterations, aggressive local infiltration of subjacent tissues with rapid hematogenic dissemination and the presence of pleomorphic osteoblasts (DALECK, et al. 2002; BERSANO, 2006; HOSKINS, 2008; ANDRADE, 2009; ANGSTADT, et al. 2011; FRACASSO, 2012; WYCISLO; FAN, 2015; WESTROM, et al. 2016). Both, the axial and appendicular skeleton can be affected, being more frequent in areas of metaphysis of long bones with

a greater prevalence in anterior limbs in relation to posterior ones, at a 2:1 proportion (DALECK, et al. 2002; OLIVEIRA; BERSANO, 2006; SILVEIRA, 2008; ANDRADE, 2009; NORTH; BANKS, 2009; FRACASSO, 2012; WYCISLO; FAN, 2015; ZHANG, et al. 2015). Surgery is considered among the most efficacious measures for the treatment of solid neoplasia by virtue of offering the best chances for providing a cure and pain relief. Another measure is alternative or co-adjuvant treatments such as chemotherapy and radiation therapy. The chemotherapeutic agents, however, has a low therapeutic index, since the dose that produces a therapeutic response is very close to that of a toxic response (HEIDNER, et al. 1991; DALECK, et al. 2002; OLIVEIRA; SILVEIRA, 2008; FRACASSO, 2012). Already radiation therapy, is widely utilized in the treatment of cancer in human patients and is equally applicable in Veterinary Medicine (HEIDNER, et al. 1991; OLIVEIRA; SILVEIRA, 2008; ANDRADE, 2009; BECKER, et al. 2013).

In radiation therapy, ionizing radiation (IR), when absorbed by live tissues, causes excitation and ionization of components of atoms or molecules in the path of the wave beam. With this, the subsequent chemical reactions result the breakage of molecular bridges and can cause the apoptotic death of cells, if the molecules critical for cellular viability are disrupted (MORRIS; DOBSON, 2007; BERTOLLO, 2010). The “critical target” more considered is deoxyribonucleic acid (DNA), but other molecules in other parts of the cells such as proteins and lipids, for example, also can be damaged and contribute to the cellular lesioning induced by IR (MORRIS; DOBSON, 2007). When irradiated, the majority of cells die due to mitotic catastrophe via standard clinical doses, in which the effect of IR is limited to cells undergoing division by the fact that the clinical effects depend on the growth fraction and duplication time of neoplastic cells (NORTH; BANKS, 2009).

Thus, according to the energy range utilized in the veterinary practice, the greatest effect of IR on cells is indirect due to the production of free radicals, such as hydroxyl, that damage the cellular DNA, since live cells consist of approximately 85% water, while these molecules are the principal target of IR (MORRIS; DOBSON, 2007). Furthermore, the response of live cells and of tissues to IR depends on the dose or dosage rate of the radiation applied, and on the radiosensitivity of the cellular population. The majority of dividing cells are more sensitive to IR than differentiated ones.

However, we emphasize that cells in the mitotic phase of the cellular cycle are more radiosensitive, whereas those in the DNA replication phase are more resistant as are cells undergoing growth and preparation for mitosis (NORTH; BANKS, 2009; TAUHATA, et al. 2014). The OSA cells are considered historically resistant to IR, due to the utilization of conventional radiation therapy; for this reason, the use of elevated doses is recommended. Among the protocols available in the literature, the most utilized is the incidence of cobalt-60 at an intensity of 8 to 10 Grays (Gy) applied in three sessions (MORAES, 2009; FRACASSO, 2012; PIMENTA, et al. 2013; MANTOVANI, et al. 2016). In this context, the present study aimed to evaluate the noxious effect of different intensities of IR in canine OSA cells, by working with cells from a primary cellular

culture since, in relation to the tissue of origin, they possess identical morphology and maintain the same physiological characteristics, besides presenting diverse neoplastic clones, which makes them representative of the natural conditions of the organism and, therefore, a good *in vitro* model in therapeutic oncology (FRESHNEY, 2010; BERSANO, 2011; MIGITA; OLIVEIRO, 2013; SIGMA-ALDRICH, 2017). This study is also intended to contribute to research in comparative and multidisciplinary oncology, serving as an incentive for seeking new therapeutic foci.

2 | METHODS

2.1 Origin of study material

The primary cell cultures of osteosarcoma canine were obtained from the tumors of five dogs (one German Shepherd, two Rottweilers, one Irish Setter and one of undefined breed) of medium and large size afflicted in bones of the appendicular skeleton. The cell culture belongs to the São Paulo State University (UNESP) and was characterized by flow cytometry with the markers osteocalcin (AB13418), osterix (AB22552) and osteopontin (SC73631) (BERSANO, 2011), and cytogenetic analysis, in which acrocentric and submetacentric chromosomes are identified. The count obtained a mean of 69 (± 2.31) chromosomes (Figure 1), while the dog karyotype is equal to 78.

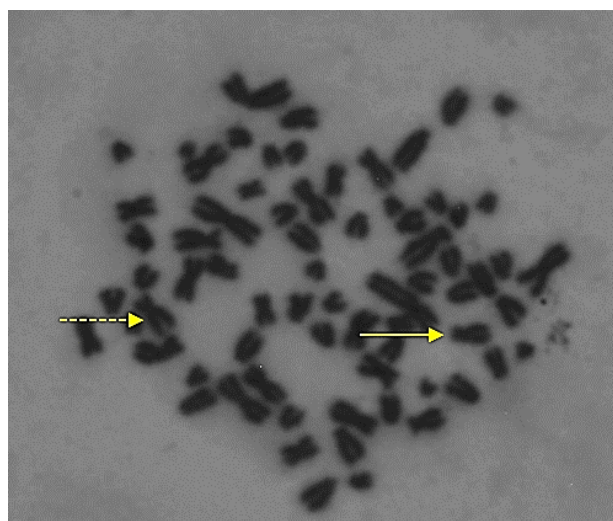


Figure 1. Cytogenetic characterization of canine osteosarcoma primary cell culture – OLYMPIOS® CX31 (100X). Chromosomes submetacentric (-----▶) and acrocentric (——▶). Images obtained in the Laboratory of Animal Genetics of the Department of Genetics - UNESP, Botucatu, São Paulo, Brazil.

2.2 Cell culture

OSA cells were cultured in DMEM high glucose (GIBCO 11995–065) medium containing 10% fetal bovine serum (FBS – GIBCO 12657–029) and 1% antibiotic antimetabolic solution (GIBCO, 100x) in a humidified incubator at 37 °C and 5% CO₂. The concentration utilized of the study with 96-well plates was equal to 0.5x10⁵ cells per well. For 12-well, the concentration was equal to 1x10⁵ cells per well and there

were wells occupied with round coverslips treated with PLL (Poli L. Lisina), following the protocol of SIGMA-ALDRICH (SITTERLEY, 2016). The treatments, carried out in triplicate, were performed with the cells in the fifteenth passage.

2.3 Radiation therapy

Cells were arrayed in 96- or 12-well plates (according to the test realized) 24 hours before being treated. OSA cells were divided into control and treated groups, in the following doses: 5 Gy, 10 Gy and 30 Gy. After this period, the plates containing the respective cells proposed in the study were removed from the incubator and transported at ambient temperature to the Sector for Radiation Therapy, where the treatments were performed utilizing the Unit of Cobalt therapy (GE – *General Electric Company Medical System*, USA; CGR MeV, ALCYON, N°: 1008), with an irradiation field of 30 cm x 30 cm, source surface distance (SSD) of 80.0 cm and depth of 0.5 cm (to obtain a percentage of depth dose (PDP) of 100%).

The experimental design of this study was based on the protocol of Mantovani et al. (2016), in which the treatment table and gantry were positioned at 0°, five acrylic plates were placed under the sample treated to avoid the retrospreading of ionizing radiation and an acrylic plate was placed on the sample to eliminate the GAP of air (spacing or distancing between the fields of beams, on their entry surface), in order to homogenize the dose absorbed.

The temperature, relative air humidity and atmospheric pressure of the command and treatment rooms of the sector were measured three times (SETTING, Certif.: PS-11-006/14, TP-10-562/14, TB-01); subsequently the mean of these values was calculated. The exposure time (t), in minutes, of the treated groups was calculated according to the following equation:

$$t = \frac{\text{Dose}}{(\text{PDP}) \times (\text{Fc}) \times (\text{Rend})}$$

in which PDP is the percentage of the percentage of depth dose, Fc is the field factor (equal to 1.109) and Rend is the output from the radioactive source (Co-60). Fc consists of the ratio of the dose for one given field in relation to the dose for the field of reference (10 cm x 10 cm), at the depth of the maximum dose. PDP denotes a percentage relation of the dose at a determined depth in relation to the maximum dose depth (electronic equilibrium) and is elevated with the area of the field, since with the increase of volume irradiated there is a greater quantity of radiation spread.

2.4 Analysis of cellular survival

2.4.1 MTT Assay

The cells were divided in 96-well plates 24 hours before being irradiated into one control group and five groups that were treated. After 24 hours, the cells were submitted to the protocol of the test of cytotoxicity with methylthioletrazolium (MTT – SIGMA® M 2128) to verify the cellular viability (mitochondrial) of each group. In this assay 100 μ L of MTT was placed in each well of the plate and, after 3 hours of incubation, the MTT was removed and the same quantity of dimethyl sulfoxide (DMSO – DINAMICA) was added into the wells. Next, the plates were read at 540 nm through an Elisa reader (BIOTEK ELx800®).

2.4.2 AO/EB staining

The cells were divided in 12-well plates 24 hours before being irradiated into one control group and three groups that were treated. Among the wells was placed a round glass coverslip treated with PLL. The test was carried out 24 and 72 hours after the treatment, in which the cells were stained with a solution composed of two fluorescent dyes, acridine orange (AO – $C_{17}H_{19}N_3$ – SIGMA® 158550-25G) and ethidium bromide (EB – $C_{21}H_{20}BrN_3$ – SIGMA® E7637-1G), both at the concentration of 100 μ g/mL, diluted in a phosphate-saline solution (PBS – GIBCO, 1x, pH 7.2).

For analysis of the results, the coverslips were taken out of the wells and washed with PBS, in order to remove any residue from the culture medium, since it contains phenol red, which may interfere in the analyses. Next 30 μ L of solution containing the two stains was placed on each coverslip and subsequently placed on the glass slides for microscopy and incubated for 20 minutes in the dark at ambient temperature. Subsequently, the slides were analyzed through a fluorescent microscope (ZEISS®) with 400X magnification and 3-FITC filter. From each group, 200 cells were counted and the images were captured and analyzed by the software Axion vision Rel 4.7. The graphs were constructed in the software OriginPro® version 8E.

Cells were identified according to the following criteria: viable cells are stained in green; cells in early apoptosis are stained in green and present condensation of chromatin; cells in late apoptosis are stained in orange; and cells in necrosis are stained in red, presenting nuclear morphology similar to the viable cells (RIBBLE, et al. 2005; KASIBHATLA, et al. 2006; RENJU, et al. 2014; GARCÍA, et al. 2015; LIU, et al. 2015). AO is a vital dye that stains both viable and inviable cells, while EB, an intercalant of double-stranded DNA, stains only the cells that have lost membrane integrity, being that the cells in late apoptosis incorporate only the EB (KASIBHATLA, et al. 2006).

2.5 Statistical analysis

Statistical analysis of MTT assay consisted of the analysis of variance (ANOVA), considering the significance level of the statistical tests to be 5% ($p < 0.05$). The analysis and construction of graphs were performed via the software GraphPad Prism® version 5.01, with the absorbance values being stored in a table of the software Gen5™

(Microplate Reader and Imager Software – BIOTEK®) version 2.0, whose values subsequently were expressed as percentages of mitochondrial viability by the dose of ionizing radiation received.

As to the double-staining test with AO/EB, the percentage of cells in apoptosis was calculated by the following equation adapted from Renju et al. (2014):

$$\text{Cells in apoptosis (\%)} = \frac{\text{cells in apoptosis} \times 100}{\text{viable cells} + \text{cells in apoptosis}}$$

3 | RESULTS

In the present study no influence was observed from temperature alteration, relative air humidity or atmospheric pressure on the cellular death of treated cells when compared with the control group, since the viability of the latter remained very close (97.27% – control group at 24 hours after AO/EB test) or equal to 100% (in MTT assay), as displayed in Figures 2 to 4.

The mean values of temperature, relative air humidity and atmospheric pressure in command and treatment rooms were, respectively: 17.67°C, 44% and 686.75 mmHg (command room) and 18°C, 43% and 687 mmHg (treatment room) for the treatments in which the MTT assay was subsequently performed, versus 20°C, 55.67% and 685.06 mmHg (command room) and 20°C, 54.34% and 685.31 mmHg (treatment room) for the treatments in which the AO/EB test was later performed.

By the MTT assay, we practically no significant cellular death was observed at the 5 Gy dose, because the viability was 95.74% (Figure 2). Cellular viability at the 30 Gy dose was 9.33% and 80.99% with 10 Gy. It was also verified that cellular death between 24 hours and 72 hours was practically unaltered at the dose of 5 Gy, given that this level was 2.31% (Figures 3 and 4).

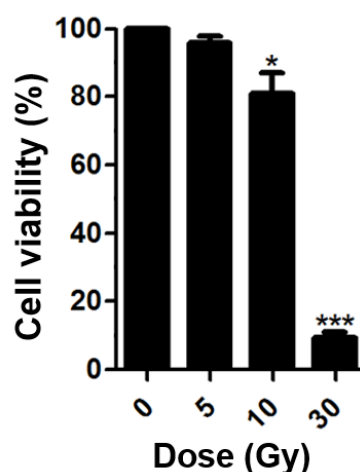


Figure 2. Cell viability (%) observed with the MTT assay 24 hours after treatment versus the dose (Gy) of ionizing radiation received (5 Gy, 10 Gy e 30 Gy). ANOVA test ($p < 0.05$). Statistical difference of $p < 0.01$ (*) and $p < 0.0001$ (***)

However, it was observed in these figures that for the doses of 10 and 30 Gy, there were respective increases of 20.36% and 15.0% in cellular death. This elevation is a result of both the late effects of ionizing radiation and the duration time of the cell cycle.

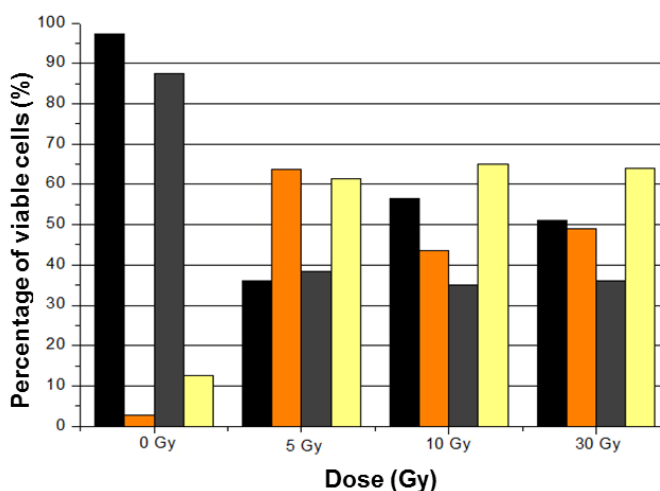


Figure 3. Percentage of viable cells and in apoptosis (%) 24 and 72 hours after the treatment with ionizing radiation by AO/EB staining. Black bars (24 hours) and gray bars (72 hours) refer to viable cells, while orange bars (24 hours) and yellow bar (72 hours) refer to cells in apoptosis.

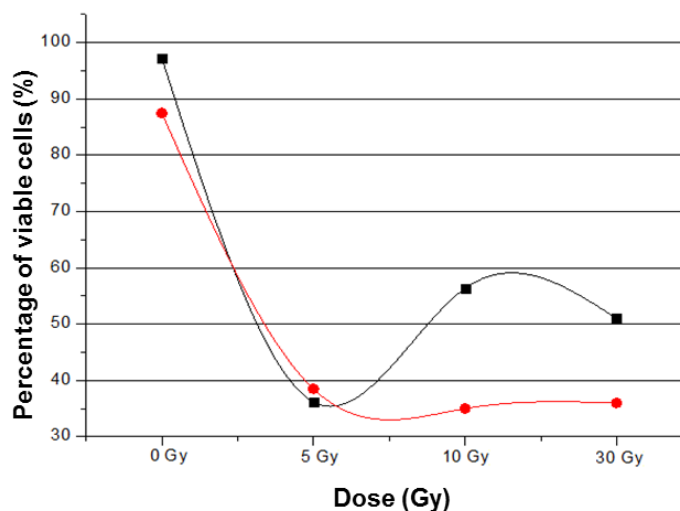


Figure 4. Comparative among the percentage of viable cells (%) versus the dose of ionizing radiation received (Gy) 24 hours (black curve) and 72 hours (red curve) after the treatment with the doses of 0 Gy (control group), 5 Gy, 10 Gy and 30 Gy with the AO/EB staining.

The analysis of slides verified that EB stained the nucleus of cells that had lost integrity of the plasmatic membrane, as was described by Kasibhatla et al. (2016) and in agreement with these authors and with Ribble et al. (2005), Liu et al. (2015), García et al. (2015) and Renju et al. (2014), the cells undergoing apoptosis presented staining that revealed a nucleus with a more orange coloration due to the incorporation of AO.

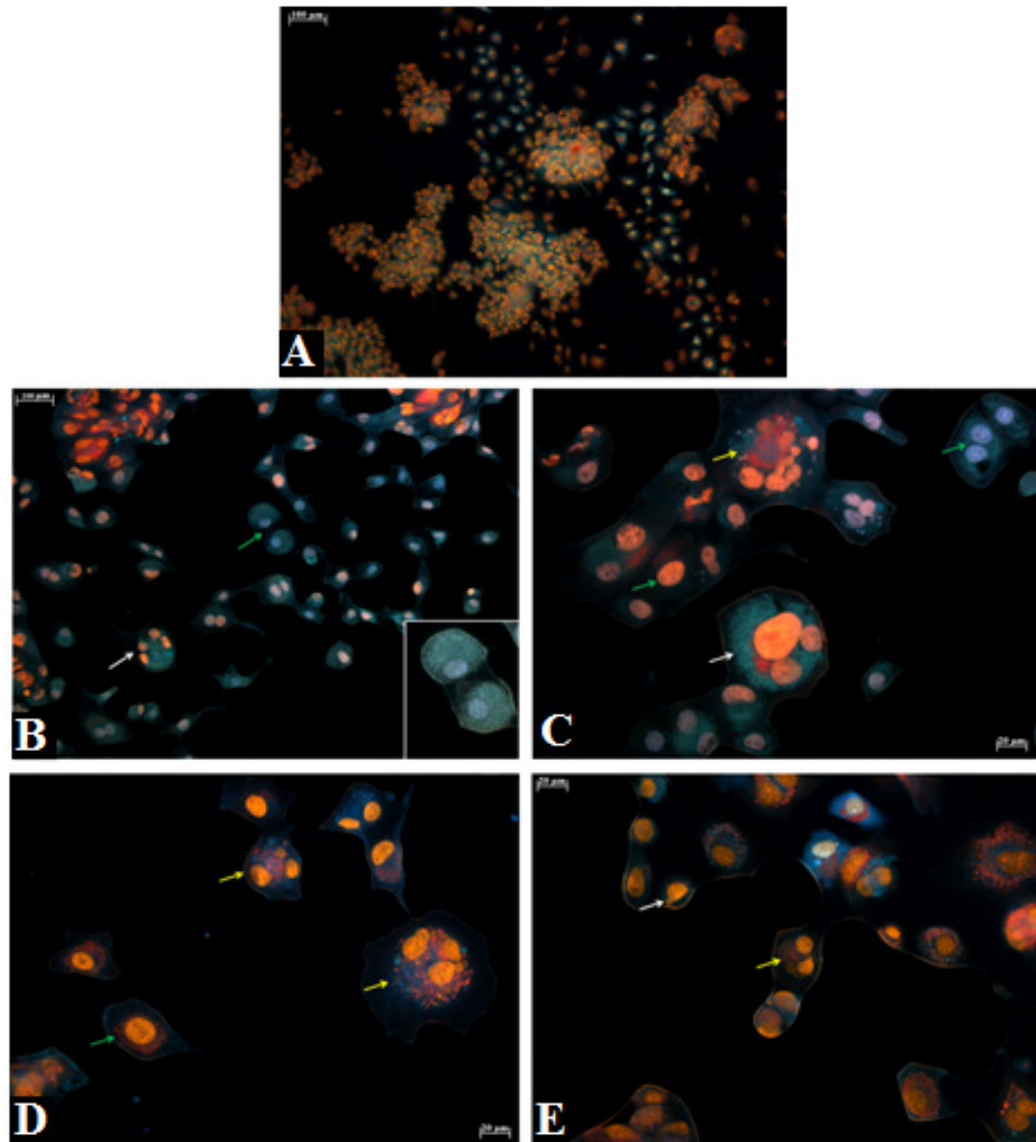


Figure 5. Fluorescent microscopy of AO/EB staining – Axion vision Rel 4.7. Viable cells (green arrows), cells in apoptosis (white arrows) and cells in late apoptosis (yellow arrows). A: control group; B: treatment with 5 Gy, highlighting two viable cells; C and D: treatment with 10 Gy; E: treatment with 30 Gy.

The viable cells presented uniformly green staining, but also cells with an orange-colored intact nucleus, which is attributable to the AO stain, as described by Kasibhatla et al. (2016), this stain colors both viable and inviable cells. In addition, the formation of apoptotic antibodies was observed whereas none of the groups presented cells in necrosis. The cells in late apoptosis, as observed in Figure 5 in C and D (also present in F, but not so evident), present a contrast between the nucleus and cytoplasm and their fragmentation with the presence of various apoptotic bodies.

In all the assays realized, despite not having observed an influence on temperature change, atmospheric pressure or relative air humidity in relation to the viability of cells. The control group presented an unviability of 12.5% after 72 hours (Figures 3 and 4).

4 | DISCUSSION

The works performed utilizing primary cultures to evaluate therapies, besides being simpler biological models, are efficient by virtue of the fact that the cells maintain morphology and physiological characteristics of their tissue of origin unlike a continuous cell line, as described by Migita & Oliveira (2012), Bersano (2006), and Freshney (2010). The temperature variation of cells in the CO₂ incubator for the command and treatment rooms did not influence their cellular death, since this variation would not cause the cellular viability of the control group to be reduced significantly, as observed in the two viability tests. In this manner, the experimental model utilized in this study was demonstrated to be efficient to evaluate treatments and can be compared to *in vivo* models. The MTT assay was proven efficient in the evaluation of cell survival analysis after the treatment with ionizing radiation, since this assay is capable of measuring the cellular respiration, which is proportional to the quantity of Formazan produced, and, consequently, to the number of viable cells, that is, with an intact mitochondrial membrane, as described by Bertollo (2010).

The results of this test showed that the efficiency of the treatment with a final dose of 20 Gy is similar to that whose final dose is 30 Gy, in concordance with the extant protocols that employ three sessions of 8 Gy, in which the final dose is close to 20 Gy, as described by Moraes (2009), Fracasso (2012) and Mantovani *et al.* (2016).

Furthermore, the interaction of ionizing radiation with the cells promotes direct and indirect effects, leading to their death, while according to North and Banks (2009), in Veterinary Medicine, the greatest effect is the indirect one due to the production of free radicals and to the fact that the cells consist of approximately 85% water. In addition, cell survival depends on the integrity of cytoplasm and on the mitochondrial and plasmatic membranes.

Matovani *et al.* (2016), reported in their studies that canine osteosarcomas are radio-resistant tumors, thus necessitating the use of elevated doses to obtain a satisfactory response. This resistance was observed in our study, since the cellular unviability was significant only in the groups treated with more than 10 Gy. However, elevated doses can pose a disadvantage due to the toxic effects caused. In the study of these authors, the viability at the dose of 10 Gy was close to 70% in two of the three lineages utilized, while in our study, with the MTT assay, this level was 80.99%. The difference observed between our study and those of Matovani *et al.* (2016) is due to the fact that the analyses of these was performed 72 hours after the treatment and not at 24 hours, and that immortalized lineages were utilized rather than a primary culture, as in the present work. Another reason for this difference is due to the administration of Erlotinib in the culture of these authors, an anticancerogenic compound responsible for inhibiting action of the enzyme Tirosoquinase, which blocks cellular multiplication. Furthermore, according to Morris *et al.* (2007), the fraction of cellular population growth is related to the radiosensitivity of this population, so that the majority of dividing cells

are more sensitive to ionizing radiation than differentiated cells, that is, those not in constant division, such as bone cells. This fact is one reason for the cellular viability being elevated despite the incidence of high doses of ionizing radiation.

With the AO/EB test, the increase of cellular unviability from 24 to 72 hours results from late effects of ionizing radiation and is related to the duration time of the cell cycle, which varies from 14 to 36 hours, as presented by Tauhata et al. (2014). In addition, cellular death equal to 12.5% observed in the control group in the analysis at 72 hours is due to competition of cells for space and nutrients.

5 | CONCLUSION

In this study it was possible, through two different assays, to evaluate the survival of cells after treatment. Although the unviability of cells did not decrease linearly, the MTT assay revealed a reduction that is a function of the dose of ionizing radiation received as well as the test of double staining. Furthermore, the results of this assays confirmed the radioresistance of this neoplasia, as reported by Matovani et al. (2016) and that it should be used by co-adjuvant treatment. These results, associated with the fact that the primary cultures of the cells present a response highly similar to that of the tissues of their origin, as described by Freshney (2010), Bersano (2011) and Migita & Oliveira (2012), should serve to incentivize studies to investigate the mechanisms involved in the resistance to radiation therapy and improvement of the extant therapies up to the present.

6 | FUNDING INFORMATION

Investigative and comparative Pathology Laboratory (FMVZ-UNESP).

7 | ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank the CNPq (445250/2014-3) for supporting this research, the Laboratory of Investigative and Comparative Pathology of the Department of Pathology of College of Veterinary Medicine and Animal Husbandry, the partnership with the Laboratory of Immunology, the Cell Culture Laboratory of Department of Morphology and all those who contributed to this study.

8 | CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

REFERENCES

- ANDRADE, S.A.F. **Canine osteosarcoma**. UNILUS Magazine Teaching and Research, v.6, n.10, 2009. ISSN: 1807-8850.
- ANGSTADT, A.Y.; MOTSINGERREIF, A.; THOMAS, R.; KISSEBERTH, W.C.; GUILLERMO, C.C.; DUVAL, D.L.; et al. **Characterization of Canine Osteosarcoma by Array Comparative Genomic Hybridization and RT-qPCR: Osteosarcoma Parallel the Human Counterpart**. Wiley Online Library: Genes, Chromosomes & Cancer, 2011.
- BECKER, R.G.; GALIA, C.R.; MORINI, S.; VIANA, C.R. **Immunohistochemical Expression of VEGF and HER-2 proteins in osteosarcoma biopsies**. Scielo: Acta Brazilian Orthopedic, 2013.
- BERSANO, P.R.O. **Immunohistochemical expression of Cyclooxygenase-2 (Cox2) and quantification of NORs in the different histological patterns of canine osteosarcoma**. Viçosa, 2006. 10, 12, 13 p. Dissertation (Master). Federal University of Viçosa.
- BERSANO, P.R.O. **In vitro expression of cyclooxygenase -2 (Cox-2) in osteosarcoma exposed to selective inhibitor of Cox2**. Botucatu, 2011. 4, 16, 31 p. Dissertation (Doctoral). São Paulo State University.
- BERTOLLO, C.M. **Mechanisms of γ -radiation induced cell death and protein expression in the new MACL-1 and MGSO-3 human breast cancer strains**. Belo Horizonte, 2010. 28-29 p. Dissertation (Doctoral). Federal University of Minas Gerais.
- DALECK, C.R.; FONSECA, C.S.; CANOLA, J.C. **Canine osteosarcoma – review**. Continuous Education Journal CRMV-SP, v.5, p. 233-242, 2002. ISSN: 1516-3326.
- DE SANCTIS, P.; CAETANO, B.F.R.; FLÓREZ, L.M.M.; SOUZA, V.B.; ZAMBUZZI, W.F.; ROCHA, N.S. **Osteosarcoma in Dogs: Diagnosis and Treatment – A Literature Review**. Journal of Cytology & Histology, v.8, n.4, 2017.
- FRACASSO, G.H.A. **Canine apendicular osteosarcoma**. Ribeirão Preto, 2012. 6, 7, 10 p. Dissertation (Lato sensu Specialization in Medical and Surgical Clinics in Small Animals). Catholic University of Brasilia.
- FRESHNEY, R.I. **Culture of animals cells**. 6th ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2010. 732 p. ISBN: 978-0-470-52812-9.
- GARCÍA, I.A.; ÁLVAREZ, L.; CARDOSO-TAKETA, A.; GONZÁLEZ-MAYA, L.; ANTÚNEZ, M.; SALAS-VIDAL, E.; et al. **Cytotoxic Activity and Chemical Composition of the Root Extract from the Mexican Species *Linum scabrellum*: Mechanism of Action of the Active Compound 6-Methoxypodophyllotoxin**. Hindawi Publishing Corporation, 2015.
- GOMES, C.; FERREIRA, M.P.; FERREIRA, K.C.R.S. **Epidemiological study of dogs with radiographic images compatible with bone neoplasms**. Acta Scientific Veterinary, v.180, n.8, 2006.
- HEIDNER, G.L.; PAGE, R.L.; MCENTEE, M.C.; DODGE, R.K.; THRALL, D.E. **Treatment of Canine Appendicular Osteosarcoma Using Cobalt 60 Radiation and Intraarterial Cisplatin**. Journal of Veterinary Internal Medicine, v.5, n.6, 1991.
- HOSKINS, J.D. **Geriatrics and Gerontology of Dog and Cat**. São Paulo: ROCA, 2008, 2nd ed., 73, 81 p.
- KASIBHATLA, S.; AMARANTE-MENDES, G.P.; FINUCAME, D.; BRUNNER, T.; BOSSY-WETZEL, E.; GREEN, D.R. **Acridine Orange/Ethidium Bromide (AO/EB) Staining to Detect Apoptosis**. Cold Spring Harbor Protocols, 2006 (3).

- LIU, K.; LIU, P.C.; LIU, R.; WU, X. **Dual AO/EB Staining to Detect Apoptosis in Osteosarcoma Cells Compared with Flow Cytometry**. Medical Science, v.21, 2015.
- MANTOVANI, F.B.; MORRISON, J.A.; MUTSAERS, A.J. **Effects of epidermal growth factor receptor kinase inhibition on radiation response in canine osteosarcoma cells**. BMC Veterinary Research, 2016.
- MIGITA, N.A.; OLIVEIRO, D.E. **Cell culture *in vitro*: importance for the biomedical research and dimension of the problem of authentication of cell lines**. In: 65th. Annual Meeting of the Brazilian Society for the Advancement of Science, 2013, Recife. ISSN: 2176-1221. Available from: <<http://www.sbpnet.org.br/livro/65ra/resumos/resumos/2236.html>>.
- MORAES, J.S.T. **Canine Appendicular Osteosarcoma – Review of Literature**. Botucatu, 2009, 9, 19 p. Monography. College of Veterinary Medicine and Animal Husbandry.
- MORRIS, J.; DOBSON, J. **Oncology in Small Animals**. São Paulo: ROCA, 2007, 1st ed., 29, 30, 32-34 p.
- MUELLER, F.; FUCHS, B.; HOTZ, B.K. **Comparative Biology of Human and Canine Osteosarcoma**. Anticancer Research, 2007.
- NORTH, S.M.; BANKS, T.A. **Small Animal Oncology: an introduction**. China: Elsevier, 2009, 1st ed., 1, 11-13, 15, 19, 45, 97, 209p.
- OLIVEIRA, F.; SILVEIRA, P.R. **Osteosarcoma in dogs (Review of literature)**. Garça: College of Veterinary Medicine and Animal Husbandry – FAMED/FAEF, Electronic Journal of Veterinary Medicine, v.41, 2008.
- PIMENTA, V.D.C.; BRAGA, K.M.S.; MACHADO, P.A.; PRADO, Y.C.L.; ARAÚJO, E.G. **Canine and human osteosarcoma: a comparative view**. Goiânia: Encyclopedia Biosphere, Knowing Scientific Center, v.11, 2013.
- Primary Cell Culture**. Sigma-Aldrich. Available from: <<http://www.sigmaaldrich.com/technical-documents/articles/biology/primary-cell-culture.html>>.
- RENJU, G.L.; MURALEEDHARA, K.G.; BANDUQUILA, V.R. **Effect of lycopene isolated from *Chlorella marina* on proliferation and apoptosis in human prostate cancer cell line PC-3**. Research Gate, 2014.
- RIBBLE, D.; GOLDSTEIN, N.B.; NORRIS, D.A.; SHELLMAN, Y.G. **A simple technique for quantifying apoptosis in 96-well plates**. BMC Biotechnology, v.5, n.12, 2005.
- SHAHI, M.H.; YORK, D.; EDWARDS, R.G.; WITHERS, S.S.; HOLT, R.; REBHUN, R.B. **BMI1 Is Expressed in Canine Osteosarcoma and Contributes to Cell Growth and Chemotherapy Resistance**. Plos One, 2015.
- SITTERLEY, G. **Poly_L_Lysine Cell Attachment Protocol**. Sigma-Aldrich. Available from: <<http://www.sigmaaldrich.com/technical-documents/articles/biofiles/poly-lysine-product.html>>.
- TAUHATA, L.; SALATI, I.P.A.; DI PRINZIO, R.; DI PRINZIO, M.A.R.R. **Radioprotection and Dosimetry: Fundamentals**. Rio de Janeiro: Institute of Radioprotection and Dosimetry, CNEN, 10 review, 2014. ISBN: 978-85-67870-02-1.
- WESTROM, S.; BONSDORFF, T.B.; ABBAS, N.; BRULAND, O.S.; JONASDOTTIR, T.J.; MAELANDSMO, G.M.; et al. **Evaluation of CD146 as Target for Radioimmunotherapy against**. Plos One, 2016.

WYCISLO, K.L.; FAN, T.M. **The Immunotherapy of Canine Osteosarcoma: A Historical and Systematic Review.** Journal of Veterinary Internal Medicine, v.29, 2015.

ZHANG, J.; WANG, D.; XIONG, J.; CHEN, L.; HUANG, J. **MicroRNA-33A-5p suppresses growth of osteosarcoma cells and is downregulated in human osteosarcoma.** Spandidos Publications: Oncology Letters, v.10, n.4, 2015.

AVALIAÇÃO COMPUTACIONAL DE INTERAÇÕES ENTRE AS PROTEÍNAS M E M2-1 DO VÍRUS SINCICIAL RESPIRATÓRIO HUMANO (HRSV) E RIBAVIRINA

Ernesto Tavares Neto

Departamento de Física-Instituto de Biociências,
Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual
Paulista-UNESP, São José do Rio Preto-SP

Leandro Cristante de Oliveira

Departamento de Física-Instituto de Biociências,
Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual
Paulista-UNESP, São José do Rio Preto-SP

RESUMO: A abordagem computacional utilizada neste trabalho envolve simulações de *docking* e dinâmica molecular para caracterizar interações entre as proteínas M e M2-1 do hRSV. Essas proteínas estão relacionadas diretamente com o processo de infecção do vírus sincicial respiratório humano (no inglês *human respiratory syncytial virus*, hRSV), agente causador de infecções do trato respiratório em cerca de 12 milhões de pessoas a cada ano em diversos países, atacando principalmente crianças e idosos. Foram avaliadas interações envolvendo o composto Ribavirina e a proteína M, num processo de busca que partiu da análise das 1500 orientações possíveis para cada uma das 500 conformações geradas (um total de 750.000 estruturas avaliadas) por meio do software UCSF Dock, usando para tal o critério de mais baixa energia. Após a seleção do mais provável candidato, simulações de dinâmica molecular foram realizadas, sugerindo que este

composto interage com a interface do dímero da proteína M e que o mesmo permanece estável nesta região, possibilitando a desestabilização da forma dimerica e, com isso, interferindo na ação desta proteína. Por fim, as interações para o complexo M/M2-1 em suas formas monoméricas foram avaliadas, onde gerou-se 2000 complexos com o programa zDock, dentre os quais foi selecionado o arranjo de menor energia. Esses resultados sugerem que a presença da molécula de Ribavirina influencia na interação entre as proteínas M e M2-1, podendo desestabilizar este complexo, crucial durante o ciclo de infecção por hRSV, sugerindo assim seu emprego em possíveis tratamentos com o objetivo de inibir ou prevenir a infecção viral.

PALAVRAS-CHAVE: Docking e Dinâmica molecular, hRSV, Proteínas M e M2-1, Ribavirina.

COMPUTATIONAL EVALUATION OF INTERACTIONS BETWEEN M AND M2-1 PROTEINS OF HUMAN RESPIRATORY SYNCYTIAL VIRUS (HRSV) AND RIBAVIRIN

ABSTRACT: The computational approach used in this work involves docking and molecular dynamics simulations to characterize interactions between M and M2-1 proteins of hRSV. These proteins are directly related to the

process of infection by human respiratory syncytial virus (hRSV), a causative agent of respiratory tract infections in about 12 million people each year in several countries, mainly targeting children and the elderly. It was evaluated the interactions involving the compound Ribavirin and the M protein, in a search process that started from the analysis of the 1500 possible orientations for each of the 500 generated conformations (a total of 750,000 structures evaluated) through the software UCSF Dock, using the criterion of lower energy. Following the selection of the most likely candidate, molecular dynamics simulations were performed, suggesting that this compound interacts with the M protein dimer interface and that it remains stable in this region, allowing the destabilization of the dimeric form and, thus, interfering in the action of this protein. Finally, the interactions for the M/M2-1 complex in its monomeric forms were evaluated, where 2000 complexes were generated with the zDock program, among which the least energy arrangement was selected. These results suggest that the presence of the Ribavirin molecule influences the interaction between the M and M2-1 proteins, which may destabilize this complex, crucial during the cycle of infection by hRSV, thus suggesting its use in possible treatments with the aim of inhibiting or preventing the viral infection.

KEYWORDS: Molecular Docking and Dynamics, hRSV, M and M2-1 Proteins, Ribavirin.

1 | INTRODUÇÃO

No mundo, cerca de 12 milhões de pessoas anualmente sofrem de infecções do trato respiratório causadas pelo vírus sincicial respiratório humano (hRSV) em diversos países, agravando os casos de bronquiolite e pneumonia, principalmente em crianças e idosos. As regiões mais afetadas podem ser identificadas na Figura 01.

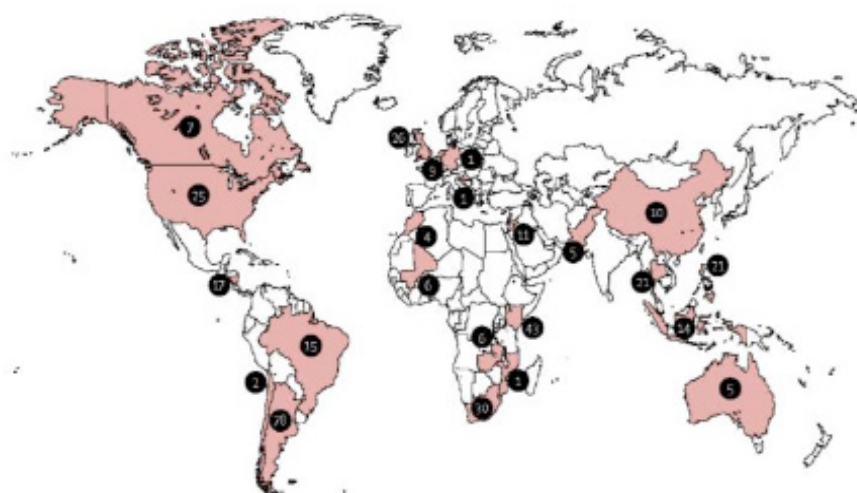


Figura 01. Casos de morte causadas pelo hRSV no mundo. Figura extraída de (Nair, H. et al. *Global burden of acute lower respiratory infections due to respiratory syncytial virus in young children: a systematic review and meta-analysis.* (2010). *Lancet.* 375(9725):1545-55).

Um dos fatores que contribuem para o sucesso na replicação viral é a presença

da proteína M (proteína de matriz), que desempenha papel fundamental na montagem e liberação do vírus, sendo sua forma dimérica indicada como ativa³.

A proteína M faz parte da estrutura interna da partícula viral, além de apresentar um domínio hidrofóbico em sua porção C-terminal, que pode mediar interações com a membrana (Collins, et al., 2001). A interação da proteína M com os corpos de inclusão, formados essencialmente pelo genoma viral e as proteínas N, P, L e M2-1, é mediada pela interação da sua extremidade N-terminal com a proteína M2-1 (Li, et al., 2008).

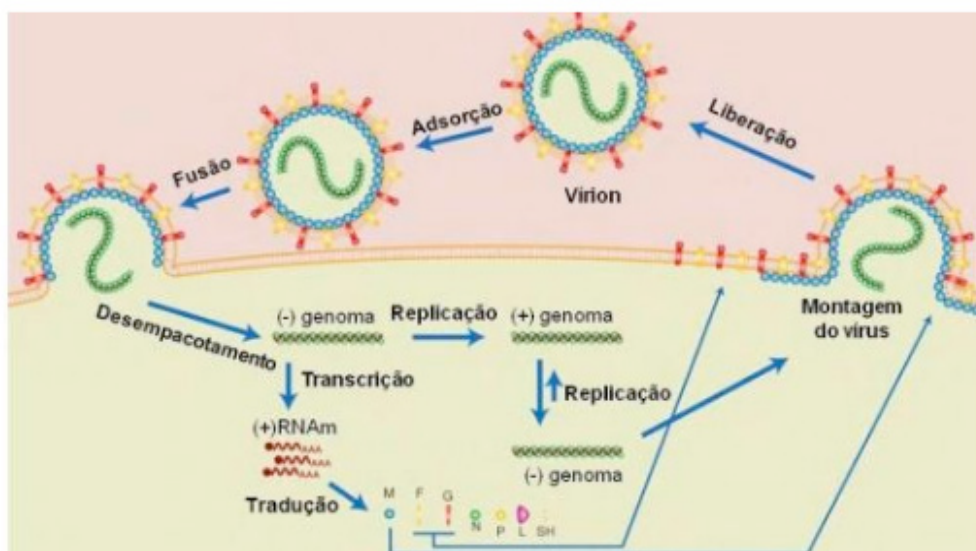


Figura 02. Ciclo de infecção do hRSV. Ao se aproximar da célula hospedeira, a proteína G ancora nos receptores e a proteína F promove a fusão do vírus com a célula. Há o desempacotamento com a liberação do gene viral. O genoma com sentido negativo é replicado para genoma com sentido positivo e são transcritos os RNAs e a tradução das proteínas. Então, a proteína M junto à M2-1 promove a formação do capsídeo e há a liberação de novas partículas virais. Figura extraída de (Teixeira, T.S.P., Souza, F.P. Caracterização biofísica da interação entre a proteína M2-1 do Vírus Sincicial Respiratório Humano (HRSV) com quercetina. Biblioteca do IBILCE – São José do Rio Preto – Unesp. São José do Rio Preto, 2016).

Na figura 02, está apresentado o ciclo de infecção do hRSV, explicitando a importância da proteína M durante este processo. O estudo das interações envolvendo a proteína M e o composto Ribavirina possibilita o entendimento dos mecanismos de ação mencionados, sendo um importante candidato para o desenho racional de novos fármacos que possam auxiliar no tratamento de infecções causadas por hRSV.

2 | OBJETIVOS

Relatos presentes na literatura acadêmica sugerem que a presença da proteína de matriz é um dos elementos cruciais no sucesso da replicação viral, desempenhando a função de promover a transcrição viral por desencadear a montagem e liberação do vírus, associando o nucleocapsídeo com as glicoproteínas do envelope do hRSV, que é ativa na sua forma dimérica. Esta associação se dá por meio da porção N-terminal da proteína M com a proteína M2-1.

Deste modo, a identificação de interações envolvendo o composto Ribavirina motivou a realização do presente estudo, com o intuito de propor avanços contra a ação da hRSV, utilizando a proteína M como alvo e o uso dos métodos computacionais de *docking* e simulações de dinâmica molecular.

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

A molécula de Ribavirina foi construída tridimensionalmente utilizando o editor de moléculas Avogadro (avogadro.cc). A preparação das macromoléculas (receptor e ligante), cálculos de *docking* e dinâmica molecular foram realizadas usando os programas UCSF Chimera v1.10.2 (Pettersen 2004), UCSF DOCK6 (Graves 2008) e GROMACS com o campo de força CHARMM27, respectivamente.

No *docking* proteína-ligante, o parâmetro Grid Score, descrito pela equação (1), descreve interações de Van der Waals (atração e repulsão) e interações Coulombianas, sendo a forma mais simples empregada para o cálculo da energia de interação do complexo receptor-ligante.

$$E = \sum_{i=1}^{\text{ligante}} \sum_{j=1}^{\text{receptor}} \left(\frac{A_{ij}}{r_{ij}^a} - \frac{B_{ij}}{r_{ij}^b} + 332,0 \frac{q_i q_j}{D r_{ij}} \right)$$

(1)

onde i e j formam o par de átomos em que a energia está sendo calculada e A_{ij} e B_{ij} os valores dos raios de Van der Waals do par; a e b definidos pelos valores padrão 12 e 6, q e r são a carga e o raio de cada átomo, respectivamente; D é a constante dielétrica do meio e 332,0 é um fator de conversão para Kcal/mol.

Em seguida, foi a energia de cada uma das conformações obtidas foi recalculada empregando a função Amber Score, permite assim reclassificá-las pelo campo de força do AMBER⁶. Ao longo deste processo são realizados cálculos de minimização, sendo a energia final dada por:

$$E_{\text{ligação}} = E_{\text{complexo}} - (E_{\text{receptor}} + E_{\text{ligante}})$$

(2)

onde E_{complexo} , E_{receptor} e E_{ligante} são respectivamente as energias internas do complexo, receptor e ligante, quando solvatados. O cálculo de cada uma dessas três energias usa o mesmo protocolo: minimização com um método de gradiente conjugado, seguido da simulação de MD (dinâmica molecular com temperatura constante) e uma última minimização para avaliação de energia.

O grupo de conformações com as menores energias de interação são selecionados e submetidos a simulações de dinâmica molecular. Ao longo da simulação

o critério de energia é novamente empregado, sendo este desta vez determinado pelo campo de força CHARMM27, o que permite a seleção dos melhores candidatos que então passam novamente pelo processo de *docking*.

O parâmetro RMSD (no inglês *Root Mean Square Deviation*) é empregado como coordenada de reação, ou seja, permitindo a avaliação de mudanças estruturas do complexo, afim de avaliar a estabilidade do ligante na cavidade proteica. O RMSD é definido pela equação:

$$RMSD = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [(x_f - x_i)^2 + (y_f - y_i)^2 + (z_f - z_i)^2]}$$

(3)

Por fim, o programa Zdock é utilizado para caracterizar as interações proteína-proteína, permitindo avaliar exaustivamente os possíveis modos de ligação. O Zdock realiza uma busca no espaço de conformações por meio de mudanças translacionais e rotacionais entre as duas proteínas. Assim, uma classificação de cada configuração obtida é fornecida por meio da sua função de pontuação^{1, 9, 10}. De maneira geral, o Zdock faz a varredura do ligante (proteína de menor volume) por todo o espaço conformacional da superfície do receptor (proteína de maior volume), selecionando as orientações do ligante (dentro os 2000 complexos gerados) que apresentem as menores energias de ligação.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O programa UCSF Dock gerou 1500 conformações, onde estas apresentaram os menores valores do Amber Score dentre as 500 orientações geradas (um total de 750.000 cálculos). O melhor resultado seguindo todos os passos da metodologia de seleção proposta para a interação entre a proteína M e o composto Ribavirina, estão apresentados na figura 03.

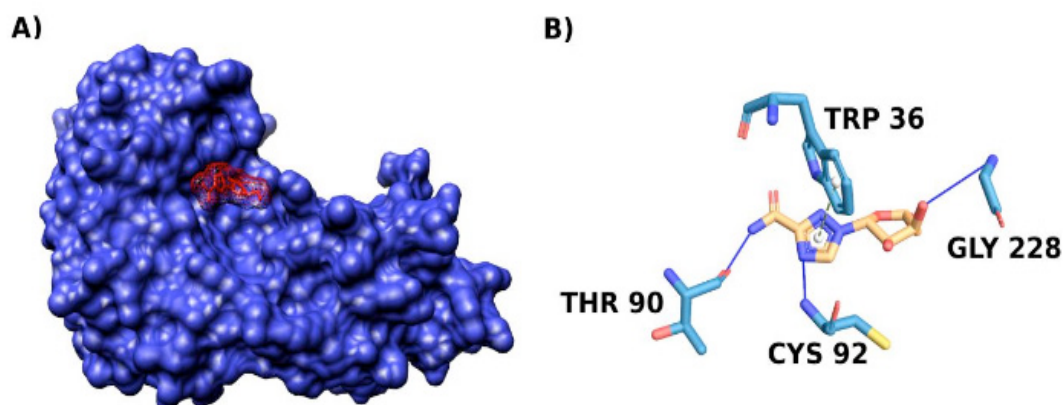


Figura 03. Avaliação da interações entre a Ribavirina e Proteína M. A) Representação da superfície molecular da proteína M (em azul) e da molécula de Ribavirina (em vermelho) encaixada no sítio de ligação. O composto analisado apresenta uma energia de ligação de -12.8 kJ/mol, calculada por meio do parâmetro Amber Score. B) Mapa de interações obtido pelo webserver Plip (<https://projects.biotec.tu-dresden.de/plip-web/plip/>), explicitando os resíduos envolvidos. A interação é estabelecida por três ligações de hidrogênio (resíduos Thr-90, Cys-92 e Gly-228) e uma ligação do tipo π -stacking envolvendo o resíduo Trp-36.

A Figura 04 mostra um alinhamento realizado pelo UCSF Chimera entre a estrutura obtida pelas simulações de *docking* e a estrutura dimérica da proteína M (PDB ID: 4v23).

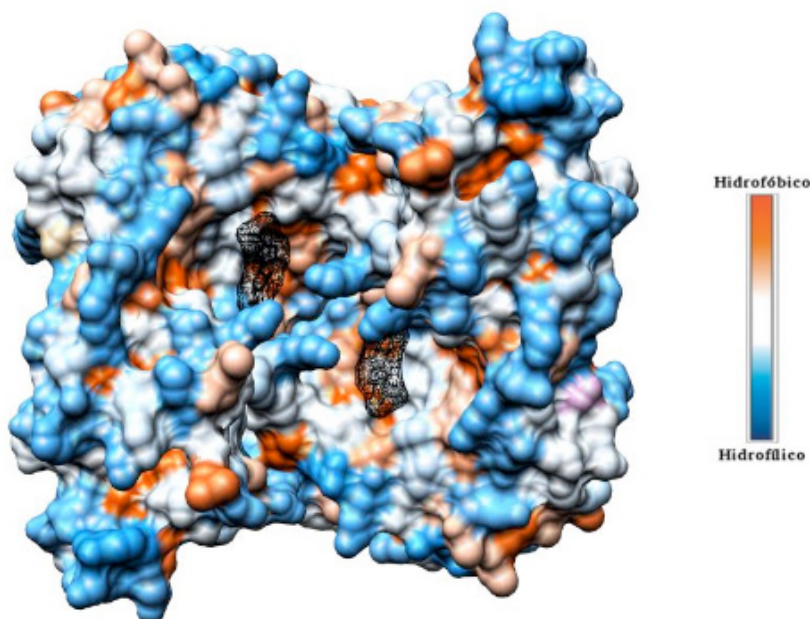


Figura 04. Alinhamento entre a estrutura dimérica da proteína M e o complexo proteína-ligante formado, colorida de acordo com a hidrofobicidade da superfície. À direita da figura está apresentada uma escala de coloração, sendo do azul (hidrofílico) ao laranja (hidrofóbico). O composto Ribavirina, encaixado no sítio de ligação da proteína M, tem sua representação por superfície molecular na cor preta.

A figura acima permite identificar que a região em que a interação proteína-ligante ocorre encontra-se na interface de conexão entre as estruturas monoméricas da proteína M que forma o dímero.

Após o *docking*, o complexo formado foi submetido a um tempo total de 10ns de dinâmica molecular. A figura 05 apresenta o gráfico de RMSD, calculado de acordo com a equação 3, durante a simulação de 10ns de dinâmica molecular. Por meio desta figura, verifica-se a estabilidade do composto avaliado durante os primeiros 8ns de simulação. Entende-se estabilidade como a permanência do ligante no sítio de ligação.

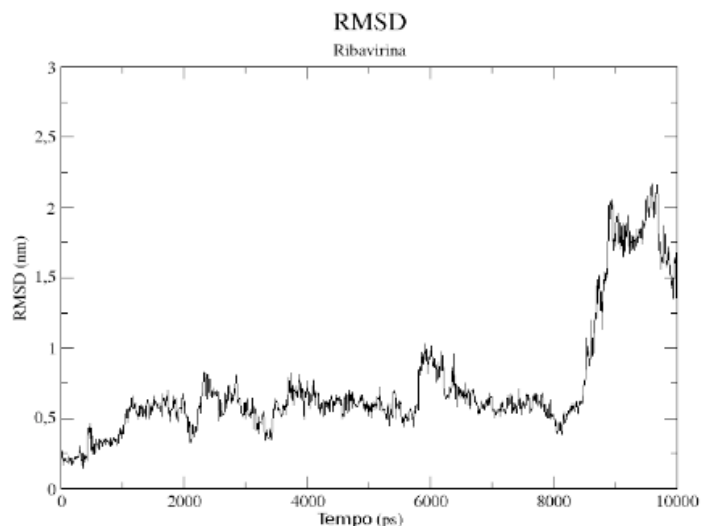


Figura 05. Cálculo do RMSD para a molécula de Ribavirina durante a simulação de 10ns. O composto avaliado apresenta estabilidade no sítio de ligação da proteína M durante grande parte da simulação.

No contexto de que a proteína M necessita da presença da proteína M2-1 para promover a formação do capsídeo e liberação de novas partículas virais, simulações de *docking* foram realizadas com e sem a adição da molécula de Ribavirina, conforme apresentado na Figura 06.

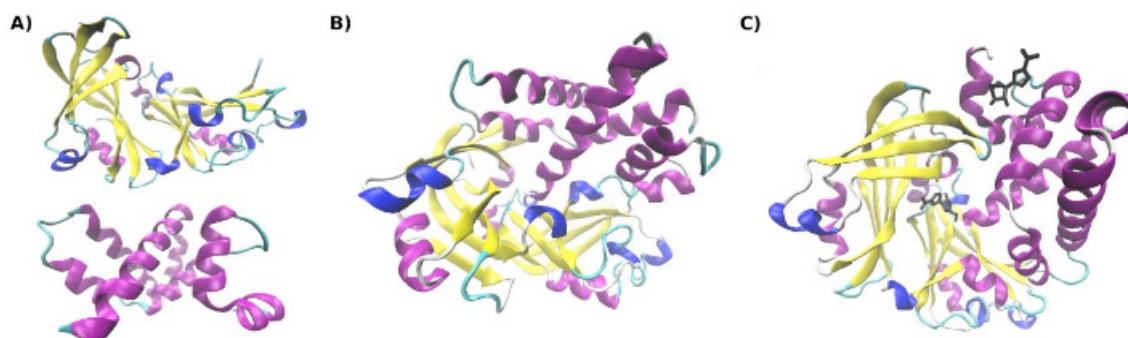


Figura 06. Representação das estruturas cristalográficas das proteínas M (PDB ID: 4v23) e M2-1 (PDB ID: 4c3B) e os respectivos complexos formados, coloridos de acordo com suas estruturas secundárias. As cores amarelo, roxo e azul representam as folhas- β , α -hélices e *random coils*, respectivamente. A figura apresenta A) as estruturas cristalográficas das proteínas M e M2-1 e os complexos formados B) com e C) sem a presença do composto Ribavirina.

A figura 06 mostra que na presença da molécula de Ribavirina há uma alteração na região de interação (interface) entre as proteínas.

5 | CONCLUSÕES

Os resultados sugerem que o composto avaliado interage com a interface do dímero da proteína M. Baseando-se no tempo de simulação é possível afirmar que o ligante permanece estável nesta região, indicando que esta interação pode

desestabilizar o processo de dimerização da proteína M, que é crucial para o vírus durante o ciclo de infecção.

Na avaliação de interações entre as proteínas M e M2-1, verificou-se que a presença da molécula de Ribavirina pode alterar a região de interação. Deste modo, este composto é um possível candidato a desestabilizar o complexo formado e, com isso, inibir a infecção viral por hRSV. Vale ressaltar que a energia de interação encontrada para o complexo é razoável, todavia exige validações experimentais. Ainda assim, o estudo representa um avanço na busca interagentes que possam servir de molde para o desenho racional de macromoléculas com uma maior interação, funcionando assim propriamente como fármacos.

REFERÊNCIAS

Chen R, Weng Z. **Docking unbound proteins using shape complementarity, desolvation, and electrostatics**. Proteins. 2002. 47: 281–294.

Collins PL, McIntosh, K, Chanock, R M. **Respiratory syncytial virus**. In: Fields BN, Knipe DM, Howley PM, Chanock RM, Melnick JL, Monath TP, Roizman B, Strauss SE, editors. Fields Virology. 4 rd ed. Philadelphia: Lippincott – Raven Publishers; 2001.

Förster, A; Maertens, GN; et al. **Dimerization of Matrix Protein Is Required for Budding of Respiratory Syncytial Virus**. Journal of Virology. 2015, vol 89.

Ghildyal R, Baulch-Brown C, Mills J, Meanger J. **The matrix protein of Human respiratory syncytial virus localises to the nucleus of infected cells and inhibits transcription**. Arch Virol. 2003 Jul; 148 :1419-29.

Ghildyal R, Mills J, Murray M, Vardaxis N, Meanger J. **Respiratory syncytial virus matrix protein associates with nucleocapsids in infected cells**. J Gen Virol. 2002 Apr; 83(Pt 4):753-7.

Graves AP, Shivakumar DM, Boyce SE.; et al. (2008). **Rescoring Docking Hit Lists for Model Cavity Sites: Predictions and Experimental Testing**. J.Mol. Biol. 377, 914-934.

Li D, Jans DA, Bardin PG, Meanger J, Mills J, Ghildyal R. **Association of respiratory syncytial virus M protein with viral nucleocapsids is mediated by the M2-1 protein**. J Virol. 2008 Sep; 82: 8863-70.

Pettersen, EF, Goddard, TD, Huang, CC, Couch, GS, Greenblatt, DM, Meng, EC, and Ferrin, TE. (2004). **UCSF Chimera - A Visualization System for Exploratory Research and Analysis**. J. Comput. Chem.25(13):1605-1612.

Pierce BG, Hourai Y, Weng Z. **Accelerating Protein Docking in ZDOCK Using an Advanced 3D Convolution Library**. PloS One. 2011. 6: e24657.

Pierce BG, Wiehe K, Hwang H, Kim BH, Vreven T, Weng Z. **ZDOCK Server: Interactive Docking Prediction of Protein-Protein Complexes and Symmetric Multimers**. Bioinformatics. 2014. 30: 1771-3.

ENCAPSULAMENTO DE NANOPARTÍCULAS FERROMAGNÉTICAS EM MATRIZ EPOXÍDICA PARA O TRATAMENTO DE HEPATOCARCINOMA

Bruno de Vasconcellos Averaldo Hangai

Universidade Estadual Paulista – UNESP,
Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá –
FEG, Departamento de Engenharia de Materiais e
Tecnologia
Guaratinguetá – SP

Alexandre Zirpoli Simões

Universidade Estadual Paulista – UNESP,
Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá –
FEG, Departamento de Engenharia de Materiais e
Tecnologia
Guaratinguetá – SP

RESUMO: O câncer é uma doença que aflige milhares de pessoas ao redor do mundo. Assim, métodos que possam auxiliar os tratamentos atuais contra essa enfermidade estão em desenvolvimento, como, por exemplo, os que utilizam a nanotecnologia como ferramenta. Esse artigo trata de nanopartículas magnéticas de ZnFe_2O_4 (ferrita de zinco) com magnetização de saturação de 12,1 emu/g, que foram sintetizadas pelo método hidrotermal, assistido por micro-ondas, a 140°C por 32 minutos. Este composto está sendo testado em hipertermia magnética, um promissor tratamento terapêutico contra o câncer, que causa a lise das células tumorais aquecendo as nanopartículas magnéticas através de um campo magnético externo aplicado. A difração de raios X (DRX)

revela nanopartículas de ZnFe_2O_4 monofásica com estrutura bem definida enquanto a espectroscopia Raman revela que um tempo de síntese de 32 minutos fornece a energia de cristalização, causando anisotropia no crescimento estrutural a curta distância, o que acarreta em um certo grau de ordem na rede cristalina. A morfologia dos pós foi investigada por microscopia eletrônica de transmissão de alta resolução (MET), que mostrou que tamanhos de partícula com diâmetro de 10–25 nm são um fator importante para aplicação em magneto-hipertermia. Parâmetros magnéticos analisados por meio de uma unidade magnetométrica com amostra vibrante mostraram que essas nanopartículas apresentam grande potencial na aplicação de magneto-hipertermia. **PALAVRAS-CHAVE:** materiais multifuncionais, nanotecnologia, hipertermia magnética.

ABSTRACT: Magnetic ZnFe_2O_4 nanoparticles with magnetization saturation of 12.1 emu/g were synthesized through hydrothermal microwave method at 140 °C for 32 minutes. This compound is being tested in magnetic hyperthermia a promising therapeutic cancer treatment, which causes lysis of tumor cells by heating magnetic nanoparticles through an external magnetic field. X-ray diffraction reveals a single-phase ZnFe_2O_4 nanoparticles with welldefined structure while Raman spectroscopy

reveals that at 32 min of soaking time provides the energy crystallization, causing anisotropy in the structural growth at short range causing a certain degree of order in the crystal lattice. Morphology of the powders was investigated by transmission electronic microscopy (HRTEM) which showed particle sizes with 10–25 nm of diameter being an important factor for application in magneto-hyperthermia. Magnetic parameters analyzed by means of a vibrating-sample magnetometer unit showed that these nanoparticles have great potential in magneto-hyperthermia application.

1 | INTRODUÇÃO

Ultimamente, o grande número de indivíduos com câncer tem sido uma grande preocupação no cenário global. Células cancerosas são geradas devido a mutações em genes especiais, que são inativos em células normais, formando o tumor maligno ou benigno. Em particular, o câncer de fígado, pode ser contraído de várias formas razões, como por exemplo a ingestão de alimentos com aflatoxinas, hepatite B, cirrose, entre outros. A hipertermia magnética é um método relativamente novo para auxiliar no tratamento do câncer e a mais robusta das possibilidades. Partículas magnéticas são inseridas na corrente sanguínea e se ligam às células cancerígenas. Elevando a temperatura para $\sim 42^\circ\text{C}$ através de um campo magnético alternado, gera calor suficiente para destruir as células cancerígenas. Para ser aplicado no tratamento do câncer, o comportamento pode ser ferromagnético ou superparamagnético.

Os materiais nanoestruturados possuem pelo menos uma de suas dimensões na ordem de nanômetros. Possui características típicas, como melhor condutividade, melhores taxas de sinterização, resposta rápida em sensores, entre outros. A distribuição do tamanho das partículas (a ser aplicada nos capilares), bem como a boa dispersão, devem ser bem controladas. As nanopartículas (monodomínios magnéticos) são preferidas às micropartículas (multidomínios) porque respondem mais eficientemente a campos externos, absorvendo mais energia. O material escolhido para a hipertermia é a ferrita de zinco (ZnFe_2O_4), devido à sua alta estabilidade, aquecimento por indução magnética, biocompatibilidade e interessantes propriedades físicas. Além de ter saturação de magnetização adequada, a ferrita de zinco obtida por uma via de coprecipitação tem tamanho de cristalito de 11,04 nm, distância interplanar de 2,542, volume de $592,06 \text{ \AA}^3$, temperatura de Neel em torno de 9-10 K, densidade aparente de $4,12 \text{ gm/cm}^3$, energia Fermi de 14,642 eV, porosidade de 23,83%, entre outras características.

Sua estrutura corresponde ao espinélio normal, onde Zn^{+2} ocupa o sítio tetraédrico e Fe^{+3} ocupa o sítio octaédrico, normalmente. No estado de bulk ZnFe_2O_4 tem uma estrutura espinélio normal com íons Zn^{2+} não magnéticos no sítio A e íons Fe^{3+} magnéticos nos sítios B (em duas sub-redes antiparalelas) e pode ser descrita pela fórmula $(\text{Zn}^{2+}) [\text{Fe}^{3+} \uparrow \text{Fe}^{3+} \downarrow] \text{O}_4$. Quando as interações entre os sítios diminuem no bulk e a magnetização em temperatura ambiente, o comportamento magnético é

do tipo paramagnético. No entanto, quando ocorre a inversão estrutural, na qual os íons metálicos começam a ocupar os locais invertidos, o comportamento magnético muda para ferromagnético, que é o comportamento magnético desejado. Esse rearranjo catiônico leva à formação de duas sub-redes magnéticas, que é responsável pela magnetização aprimorada exibida quando comparada com a ZnFe_2O_4 normal. Considerando essa inversão estrutural, o comportamento magnético das nanopartículas de ferrita de zinco observadas é superparamagnético, que pode ser explicado da seguinte forma: uma amostra de ferromagneto uniaxial com volume acima do volume crítico é dividida em múltiplos domínios magnéticos, cada um magnetizado ao longo do eixo D, em direções diferentes. No entanto, quando o volume está abaixo do volume crítico, a partícula se torna apenas um domínio único, com alinhamento ferromagnético de todos os seus momentos em uma única direção ao longo da mesma direção D. Há flutuações térmicas de momentos (com uma variação de energia, em escala microscópica), mas para reverter a magnetização de um único domínio é necessária uma certa energia para superar a anisotropia do material. Tornar a partícula pequena o suficiente libera suas restrições, o que permite que a direção dos momentos mude para um comportamento paramagnético.

A suscetibilidade magnética e sua magnetização pode ser equacionada pela função de Langevin. A temperatura de transição de fase ideal seria entre 40 e 43°C, porque será a temperatura de trabalho. Com um comportamento magnético interessante, a ferrita espinélica tem sido objeto de pesquisa nos últimos tempos, incluindo suas aplicações. Como o ZnFe_2O_4 é uma das mais importantes ferritas espinélicas, vários métodos são desenvolvidos para sua produção, como sol-gel, hipertermia, entre outros.

2 | PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Os reagentes utilizados para a síntese foram: citrato de ferro e amônio (pureza 99,5% e fornecido por Vetec) e acetato de zinco di-hidratado (pureza 99,9% e fornecido pela Merck). Todos os reagentes foram pesados de acordo com a estequiometria previamente definida (ZnFe_2O_4). A solução foi obtida por dissolução de citrato de ferro (III) e acetato de zinco desidratado com gotas de ácido nítrico em água a 90°C e mistura constante. Depois, a solução tinha um pH de 3. A solução final foi transferida para uma autoclave de Teflon selada e colocada no micro-ondas hidrotermal (2,45 GHz, potência máxima de 800 W). A síntese hidrotérmica foi realizada a 140°C durante 32 min com uma taxa de aquecimento fixada a 10°C / min. A pressão no interior do autoclave selado foi estabilizada em torno de 2,0 atm durante a síntese. O autoclave foi resfriado até a temperatura ambiente dentro do micro-ondas, uma vez que os tempos estipulados foram atingidos. As nanopartículas policristalinas de ZnFe_2O_4 foram coletadas e lavadas com água deionizada várias vezes e então secas a 100 °C em estufa.

As nanopartículas obtidas foram caracterizadas por difração de raios X (DRX) utilizando-se uma radiação (Rigaku-DMax/2500PC, Japão) com Cu-K α ($\lambda = 1,5406$ Å) no 2θ variando de 20° a 70° com $0,2^\circ/\text{min}$. O tamanho do cristalito (d) foi calculado usando a equação de Scherrer $d = k\lambda/\beta \cos\theta$, onde k é constante, λ é o comprimento de onda dos raios-X e β é a largura total na metade máxima (FWHM, em inglês) para o pico (311), reflexão medida a partir de varredura lenta, onde θ é o ângulo de difração do pico principal. A análise de Rietveld foi realizada com o programa de refinamento Rietveld DBWS-941 1. A função de perfil utilizada foi a pseudo-Voigt modificada de Thompson-Cox-Hasting, na qual η (a fração lorentziana da função) varia com os componentes de Gauss e Lorentz a largura total a metade do máximo. Espectros Raman foram coletados (espectrômetro Bruker RFS-100/S Raman com transformada de Fourier). Um laser YAG de 1064 nm foi usado como fonte de excitação e sua potência foi mantida em 150 mW.

Os dados de MET foram obtidos por secagem de gotículas de amostras preparadas a partir de uma dispersão etanólica que tinha sido sonicada durante 5 min em redes de malha de 300 mesh. As imagens obtidas por MET e os padrões de difração de área selecionada (SAED, em inglês) foram então tirados a uma voltagem de aceleração de 200 kV em um instrumento Philips modelo CM 200. As distribuições de tamanho de partícula de pós foram determinadas pela técnica de tamanho de partícula hidrodinâmico usando meio líquido. Para medir o campo magnético CC (corrente contínua), foi empregada uma sonda Hall. As medições de magnetização foram realizadas através do magnetômetro de amostra vibrante (VSM, em inglês) da Quantum Design™. A medição de sorção de N₂ foi realizada usando Micromeritics ASAP 2010 em 77 K.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Padrões de DRX de nanopós de ZnFe₂O₄ sintetizados a 140°C por 32 min são mostrados na Figura 1. Os picos de difração podem ser indexados principalmente de acordo com os dados dos nanopós de ZnFe₂O₄ do cartão JCPDS no. 22-1012. Estes picos revelaram que os cristalitos da ferrita espinélica mostram os reflexos característicos da estrutura cristalina cúbica espinélio da ferrita pertencente ao grupo espacial polar Fd-3m, o que indica que a técnica hidrotérmica foi usada com sucesso para produzir nanopartículas cristalinas quase puras. Além disso, não foram detectadas fases de impurezas além da fase principal, revelando que o processo do método hidrotermal de micro-ondas permite a formação de uma fase única a temperatura reduzida e tempo de 32 min. Pequenas variações observadas no padrão DRX podem ser associadas a distorções na rede que possivelmente podem ser associadas à rápida formação cinética de pós de ferrita espinélica devido à influência da radiação de micro-ondas durante o processamento no microondas. O padrão de raios-X exibindo picos de difração nítidos e bem resolvidos prova que os produtos estão em boa cristalinidade.

Os tamanhos médios de cristalito foram calculados usando dados de DRX medindo o FWHM para o pico característico mais intenso (311) com a ajuda da fórmula de Scherer resultando num valor de 30,4 nm.

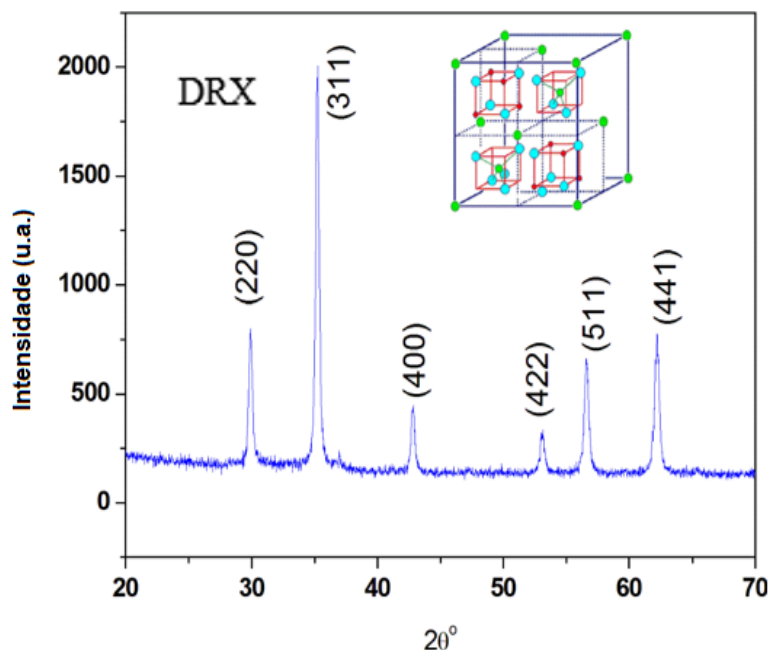


Figura 1: Padrão do DRX para pós de ZnFe₂O₄ sintetizadas a 140°C por 32 minutos usando o método hidrotermal assistido por micro-ondas. Inserido no gráfico o padrão da célula unitária para a estrutura espinélio invertido (em azul claro, átomos de oxigênio; em vermelho, sítio octaédricos dos átomos B e em verde claro, sítios tetraédricos dos átomos A – estrutura AB₂O₄).

O espalhamento Raman provou ser uma técnica valiosa para obter informações sobre estruturas locais dentro de materiais. Os espectros Raman da nanopartícula de ZnFe₂O₄ obtidos no reator hidrotermal são ilustrados no diagrama da Figura 2a, revelando uma fase espinélio com uma estrutura cúbica que pertence ao grupo espacial O_h⁷ (Fd-3m). Embora a célula unitária completa contenha 56 átomos (Z = 8), a menor célula de Bravais consiste apenas em 14 átomos (Z = 2): Como resultado, a análise do grupo de fatores prevê os seguintes modos no espinélio ZnFe₂O₄:

Existem cinco modos ativos Raman de primeira ordem (A_{1g} + E_g + 3F_{2g}), e todos esses modos foram observados em condições ambientais, como mostrado na figura 2a. Nos espinélios cúbicos incluindo ferritas, os modos acima de 600 cm⁻¹ correspondem principalmente ao movimento de oxigênio em grupos AO₄ tetraédricos, então o modo a 612 cm⁻¹ pode ser razoavelmente considerado como simetria A_{1g}. Os outros modos de baixa frequência representam as características da

$$A_{1g} (R) + E_g (R) + F_{1g} + 3F_{2g} (R) + 2A_{2u} + 2E_u + 4F_{1u} (IR) + 2F_{2u}$$

locais octaédricos (BO₆). Os três modos Raman de primeira ordem em 266, 536 e 846 cm⁻¹ exibem as características gerais. No entanto, a origem do alargamento desses modos de primeira ordem ainda não está clara. Supomos que a rápida organização estrutural do pó de ZnFe₂O₄ processado no microondas pode estar relacionada ao processo de aquecimento que ocorre do interior até a superfície. A energia de micro-ondas é transformada em calor através da interação entre moléculas e átomos com

o campo eletromagnético. Essa interação resulta em um aquecimento interno e volumétrico dos pós, o que promove a formação de gradientes de temperatura e fluxos de calor.

Os resultados do Raman estão de acordo com os dados de DRX; portanto, pequenas mudanças observadas nos espectros podem ser associadas ao método de preparação, tamanho médio do cristal e grau de ordem estrutural. O DRX dessa amostra exibe uma estrutura levemente invertida, o que implica que uma certa quantidade de desordem dos cátions Zn e Fe ocorre nos sítios tetraédrico e octaédrico. Assim, as vibrações relativas a esses dois tipos de cátions no mesmo local podem exibir dois modos Raman de primeira ordem separados. Se os dois modos tiverem frequências vibracionais muito próximas, um pico amplo sobreposto com seu valor médio deve ser observado. Neste espinélio de ZnFe_2O_4 levemente invertido, os íons Zn e Fe distribuem-se no mesmo local de cristal atômico, seja o tetraédrico ou octaédrico, e resultam em vibrações correspondentes com frequências diferentes. Como essas duas vibrações têm comprimentos de onda muito próximos, os três picos espectroscópicos Raman de primeira ordem foram observados neste espinélio de ZnFe_2O_4 (Figura 2a). Esta é uma interpretação plausível para os três modos Raman amplos de primeira ordem observados.

A Figura 2b mostra o espectro de infravermelho com transformada de Fourier dos pós cristalinos de ZnFe_2O_4 derivados da reação hidrotérmica. A banda larga em $3000\text{--}3600\text{ cm}^{-1}$ é o resultado do alongamento antissimétrico e simétrico dos grupos de ligação H_2O e OH^{-1} , enquanto uma banda a 1630 cm^{-1} corresponde às vibrações de flexão de H_2O . Especificamente, picos de forte absorção a $400\text{--}600\text{ cm}^{-1}$ são atribuídos ao estiramento de Fe-O e vibração de flexão que é característica dos grupos FeO_6 octaédricos. A formação de uma estrutura tipo espinélio pode ser confirmada pela presença de banda de metal-oxigênio. Grupos residuais de água e hidroxí são geralmente detectados em amostras crescidas e tratamento térmico adicional é necessário para sua eliminação. É bem conhecido que a hidroxilação de íons metálicos e a desprotonação podem ser aceleradas aumentando a temperatura ou pressão da solução. No processamento de micro-ondas hidrotérmico, a radiação eletromagnética de alta frequência interage com o dipolo permanente do líquido (H_2O), que inicia rápido aquecimento da rotação molecular resultante e dipolos permanentes ou induzidos na fase dispersa, que causam aquecimento rápido das partículas resultando em temperatura de reação com excesso do superaquecimento localizado próximo a líquidos. Das duas bandas, a banda de alta frequência (ν_1) é atribuída à banda tetraédrica de ligação metal-oxigênio e segunda frequência (ν_2) à ligação metal-oxigênio octaédrica correspondente a: (1) em $600\text{--}550\text{ cm}^{-1}$ vibração de alongamento $\text{Me}_T\text{--O--Me}_O$ (2) em $450\text{--}385\text{ cm}^{-1}$, vibração de alongamento $\text{Me}_O\leftrightarrow\text{O}$ em que O é oxigênio, Me_O é metal no sítio octaédrico e Me_T no sítio tetraédrico. As bandas de absorção de metal-oxigênio (1) e (2) são pronunciadas para todas as estruturas de espinélio e essencialmente para as ferritas, que também são vistas nessas amostras. Características típicas da banda de traços de carbonatos

podem ser atribuídas à água adsorvida devido ao contato da amostra com o ambiente próximo a 1500 cm^{-1} .

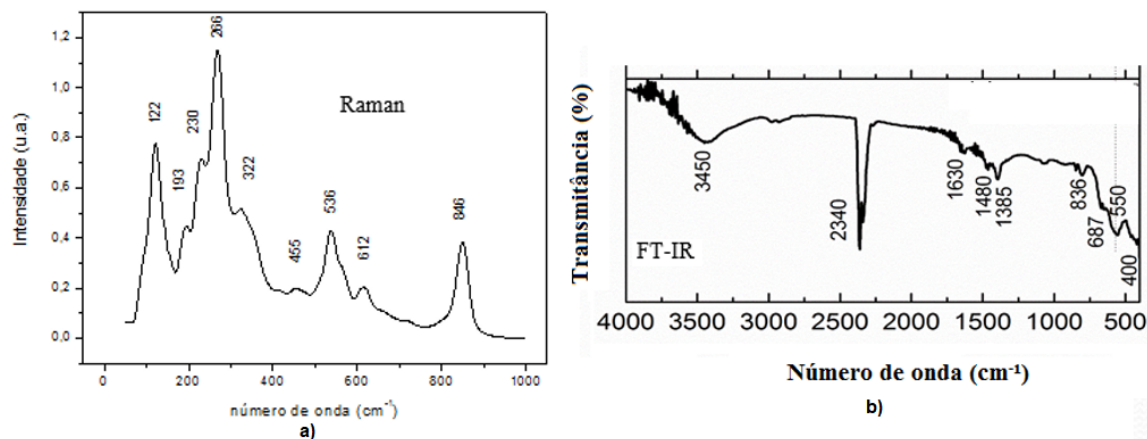


Figura 2: a) Espectro Raman de uma nanopartícula de ZnFe_2O_4 sintetizada a 140°C por 32 minutos usando o método hidrotermal assistido por micro-ondas. b) Mostra o espectro de FT-IR de uma nanopartícula de ZnFe_2O_4 sintetizada a 140°C por 32 minutos.

As imagens de FEG-SEM (análise por Microscópio Eletrônico de Varredura com Canhão de Emissão de Campo exibem (Figura 3) aglomerado de nanopartículas com formas quadradas. O pequeno tamanho das nanopartículas leva a uma alta aglomeração devido à sua alta energia superficial. É difícil determinar o tamanho exato da partícula porque a maioria delas são aglomeradas. No processo hidrotérmico, o processo de “dissolução e cristalização” pode ser utilizado para descrever a reação hidrotérmica. Durante o tratamento hidrotérmico, os hidróxidos de Zn^{2+} e Fe^{3+} foram dissolvidos e reagiram a altas temperaturas e pressões, e então precipitados como partículas de óxido de cerâmica insolúvel do fluido hidrotermal supersaturado. Se as condições de temperatura e pressão forem cuidadosamente mantidas durante o período de duração do experimento, não será observado a formação de cristais cúbicos de ferrita nem a formação de uma segunda fase. Portanto, o processo de dissolução e cristalização continuou no fluido supersaturado de tal forma que o sistema se auto-estabilizava.

Conjecturamos que a dissociação de zinco e hidróxido de ferro e a formação de complexos iônicos podem impedir o crescimento de cristalitos e limitar o tamanho das partículas à faixa nanométrica. O processo de aglomeração foi atribuído às forças de Van der Waals. Para reduzir a energia da superfície, as partículas primárias têm uma tendência a formar aglomerados quase esféricos, com uma relação mínima entre a superfície e o volume. Esse tipo de estrutura de grãos é comum em cerâmicas de óxido, ferrita e titanato, que é resultado de um crescimento de grãos anormal/descontínuo e também chamado de crescimento exagerado de grãos. Em um crescimento anormal, alguns grãos crescem mais rápido que outros grãos com o aumento da temperatura de sinterização. O crescimento anormal de grãos pode resultar de: (1) a existência de precipitações ou impurezas da segunda fase, (2) materiais com alta anisotropia na energia interfacial e (3) materiais com alto equilíbrio químico.

Em ZnFe_2O_4 hidrotêrmicamente derivado que cristaliza em uma estrutura cúbica, pode-se supor que o crescimento anormal de grãos vem do fator (1) e (3) devido à existência de estrutura de duas fases. Em temperaturas intermediárias, um maior grau de aglomeração foi observado, o que pode ser devido ao processo de nucleação favorecido em maior concentração de OH^- sem separação de partículas que é devido a uma baixa temperatura de reação. O processo de agregação aleatória entre as partículas pequenas pode estar relacionado a um aumento nas taxas de colisão entre pequenas partículas por radiação de micro-ondas que indica que a energia de micro-ondas favorece um crescimento anisotrópico causado pelas diferenças nas energias superficiais nas diferentes faces cristalográficas. Possivelmente, as imperfeições ou diferenças entre a altura e a largura dessas partículas podem estar associadas à influência da energia de micro-ondas durante o processo de crescimento de fase. Por estimativa aproximada e usando a fórmula de Scherrer, verificou-se que o tamanho de partícula individual era de aproximadamente 30 nm.

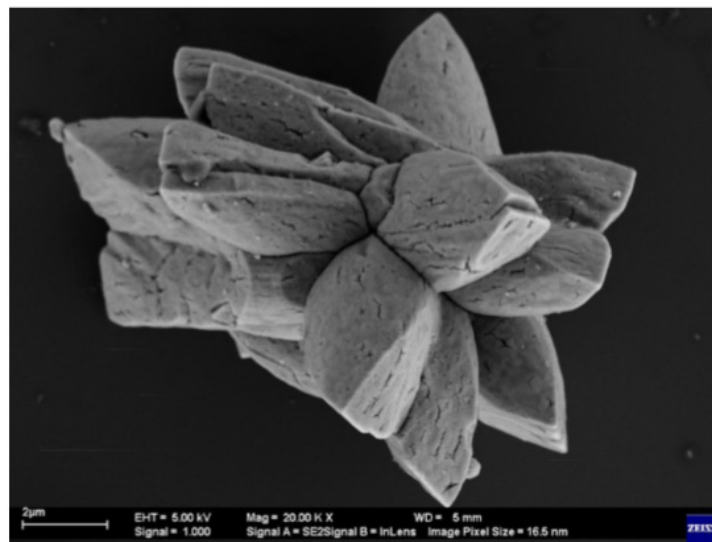


Figura 3: Imagens de FEG-SEM de partículas aglomeradas com ZnFe_2O_4 sintetizadas a 140°C por 32 minutos usando o método hidrotêrmico assistido por micro-ondas.

Uma borda do aglomerado mostrada no FEG-SEM foi selecionada e caracterizada por meio de MET de alta resolução e difração de elétrons de área selecionada. A partir da Fig. 4a, podemos ver que o diâmetro da maioria das partículas é de cerca de 10 a 25 nm, o que é próximo do tamanho médio de partícula estimado pelos padrões de DRX. Vale ressaltar que as partículas sintetizadas estão bem dispersas. De fato, como sabemos, os pós produzidos diretamente pelo método assistido por micro-ondas não podem impedir a agregação sem a ajuda do agente dispersor ou de qualquer tratamento térmico posterior. Em geral, no processo assistido por micro-ondas, as partículas menores geralmente têm maior energia superficial que as torna mais facilmente agregadas uma vez que o campo de micro-ondas é uma união de campo magnético e campo elétrico mudando sua direção a uma frequência de 2,45 GHz. A

figura 4b mostra a micrografia das partículas preparadas. Todos os círculos de difração pertencem à estrutura de espinélio, confirmando que o produto é ZnFe_2O_4 , o que é consistente com o resultado de DRX. Os círculos de difração compostos de muitos pontos brilhantes, sugerindo que as partículas são muito pequenas e com estrutura cristalina bem ordenada. O cristalino perfeito é induzido principalmente pelo efeito de aquecimento de alto volume de micro-ondas que faz com que os átomos, inclusive os que estão em ponte, estejam organizados em uma ordem.

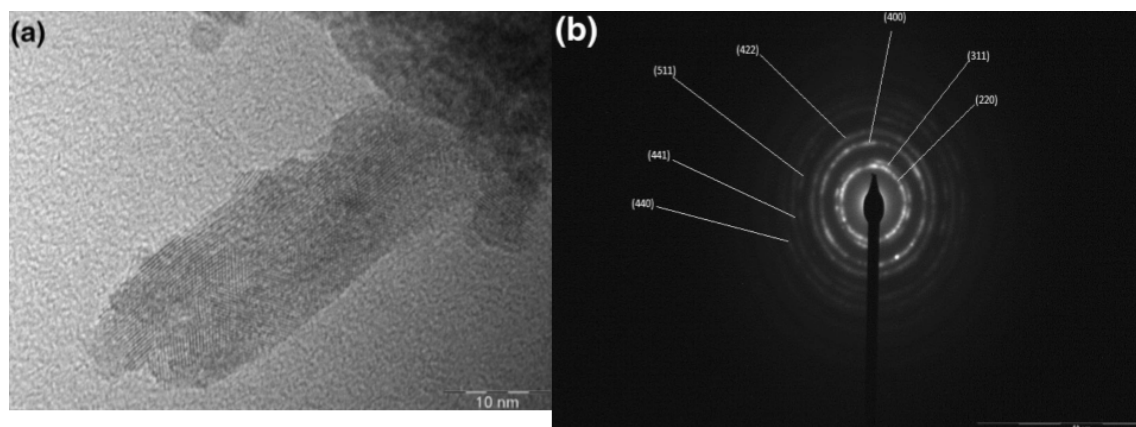


Figura 4: a) Imagem de HR-TEM (alta resolução-MET) da nanopartícula de ZnFe_2O_4 sintetizada a 140°C por 32 minutos usando o método hidrotermal assistido por micro-ondas e b) Imagem de difração de elétrons de área selecionada da nanopartícula de ZnFe_2O_4 sintetizada a 140°C por 32 minutos utilizando o método hidrotérmico assistido por micro-ondas.

O tamanho médio das partículas de diâmetro (Figura 5a) foi determinado em torno de 500 nm. Além disso, podemos observar aglomerados de partículas com um tamanho médio de partícula de 30 nm. A ferrita de espinélio sintetizada foi relativamente esférica com distribuição de tamanho uniforme. A porosidade da amostra foi testada pela isoterma de adsorção-dessorção de N_2 , mostrada na Figura 5b. A isoterma de adsorção revela pouca diferença na porosidade das partículas em função da morfologia heterogênea. De acordo com a IUPAC (União Internacional de Química Pura e Aplicada), as isotermas observadas são classificadas como tipo III, que é marcado por um grande volume de gás adsorvido a altas pressões relativas. Note-se que a isoterma de adsorção-dessorção envolve um pequeno volume de gás. Nenhum fenômeno de histerese é observado indicando que as partículas não são porosas ou têm poros cilíndricos fechados em uma extremidade.

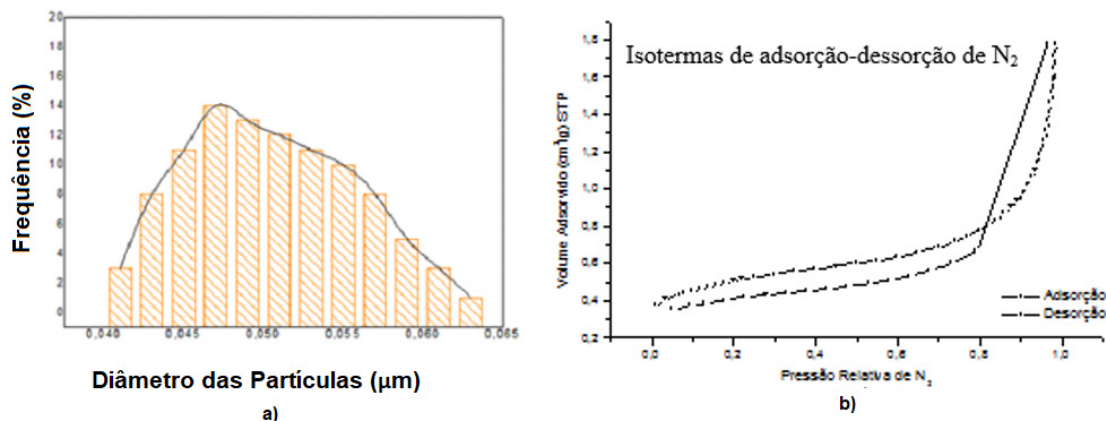


Figura 5: a) Distribuição granulométrica da nanopartícula de ZnFe_2O_4 sintetizada a 140°C por 32 minutos, utilizando o método hidrotérmico assistido por micro-ondas e b) Isotermas de adsorção-dessorção de N_2 para nanopartículas de ZnFe_2O_4 sintetizadas a 140°C por 32 minutos utilizando o método hidrotérmico assistido por micro-ondas.

A curva de histerese magnética foi obtida usando o VSM. A Figura 6 mostra os ciclos de histerese das nanopartículas de ZnFe_2O_4 registradas à temperatura ambiente. As coercitividades das nanopartículas de ZnFe_2O_4 são quase desprezíveis e a magnetização remanescente (M_r) de 2,3 emu/g. Assim, os resultados indicam claramente o comportamento levemente ferromagnético das amostras preparadas devido à diminuição do tamanho das partículas abaixo de um valor crítico (menor que 50 nm). Com um campo magnético aplicado em torno de 3700 Oe, o valor observado de magnetização (M_s) é de 12,1 emu/g. O tamanho da natureza cristalina influencia as propriedades magnéticas das nanopartículas. O campo interno pode ser gerado devido à distribuição assimétrica das vagas de oxigênio. Este efeito induz o alinhamento de dipolos complexos e distribuição assimétrica de vacâncias de oxigênio, i.e. positivamente vacâncias de oxigênio ($\text{V}_{\text{O}^{\circ\circ}}$) perto do eletrodo negativo que mantém os elétrons próximos ao eletrodo positivo. Os spins dos íons Fe^{3+} são alinhados antiferromagneticamente através de uma forte interação de *superexchange*, já que o ângulo $\text{Fe}^{3+}-\text{O}^{2-}-\text{Fe}^{3+}$ é 180° . Em ZnFe_2O_4 , os íons Fe^{3+} possuem um sítio octaédrico distorcido e a distorção provoca uma inclinação do octaedro a partir da direção do eixo-C. Neste estudo, a magnetização aumentou de forma não linear com o campo magnético aplicado, que é característico dos antiferromagnéticos. Esse comportamento descartou a presença de partículas paramagnéticas dominantes na amostra. A curva não linear é típica do tipo de variação ferri/ferromagnético onde a magnetização se aproxima lentamente da saturação. Geralmente, composto mostra a natureza paramagnética à temperatura ambiente devido à sua estrutura espinélica normal. No entanto, o acoplamento entre os cátions nos sítios octaédrico e tetraédrico pode dar origem à ocorrência de comportamento levemente ferromagnético

Nanoestruturas de ZnFe_2O_4 obtidas pelo método assistido por micro-ondas podem ser atribuídas à presença de nanocristais primários menores, que se agregam para gerar diferentes morfologias. Durante o tratamento hidrotérmico, se as condições de temperatura e pressão forem cuidadosamente mantidas durante a duração do

experimento, não será observado o ataque dos cristais de espinélio ou a formação de uma segunda fase, como previamente detectado por DRX. O processo de aglomeração foi atribuído às forças de Van der Waals. O processo de agregação aleatória entre as partículas pequenas pode ser relacionado a um aumento nas taxas de colisão entre pequenas partículas por radiação de micro-ondas que indica que a energia de micro-ondas favorece um crescimento anisotrópico causado pelas diferenças nas energias superficiais nas diferentes faces cristalográficas. Possivelmente, as imperfeições ou diferenças entre a altura e a largura dessas partículas podem estar associadas à influência da energia de micro-ondas durante o processo de crescimento de fase. Neste contexto, sugerimos que a relação $S = M_r/M_s$ poderia ser usada como um parâmetro funcional para avaliar o limite de tamanho de monodomínios dos materiais magnéticos em pó de tamanho nanométrico. É por isso que as nanopartículas obtidas podem ter múltiplos tamanhos de domínio e H_c , M_r , S diferirão de zero. Uma vez que o campo coercitivo difere de zero e a malha de histerese aberta é observada em combinação com alta magnetização, esperamos que a temperatura de transição ferromagnética esteja acima da temperatura ambiente. Portanto, pretendemos realizar um estudo profundo sobre as propriedades magnéticas da ferrita de zinco puro, em função da temperatura, frequência e outras propriedades físicas, com o objetivo de alcançar características razoáveis para aplicação em magnetohipertermia.

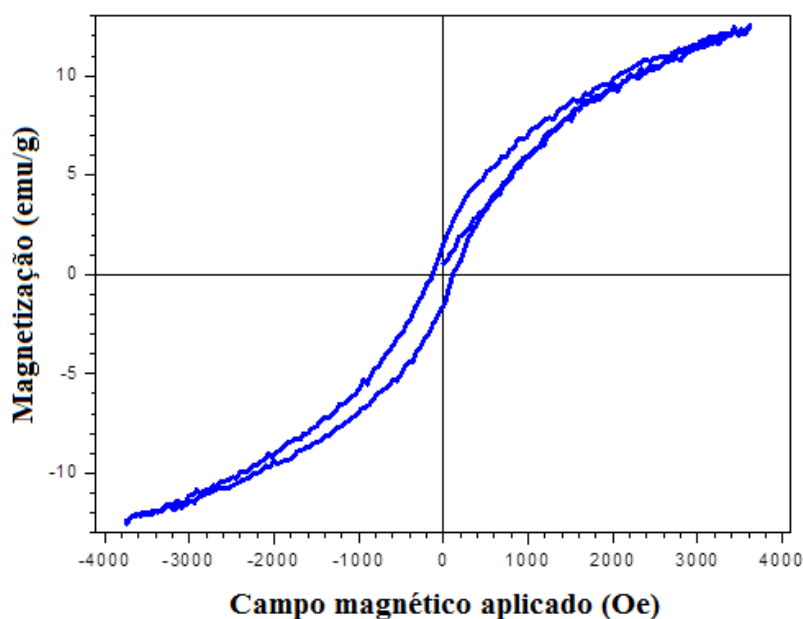


Figura 6: Curva M-H de nanopartículas de ZnFe₂O₄ sintetizadas a 140°C por 32 minutos, utilizando o método hidrotérmico assistido por micro-ondas.

4 | CONCLUSÕES

As nanopartículas de ZnFe₂O₄ levemente ferromagnéticas foram preparadas com sucesso pelo método hidrotérmico, sem o uso de qualquer surfactante. A análise por DRX em pó revelou a presença do ZnFe₂O₄ pertencente à estrutura espinélica

cúbica regular de face centrada. Imagens de FEG-SEM exibem um aglomerado de nanopartículas de ZnFe_2O_4 quadradas. As medidas de VSM confirmaram o comportamento levemente ferromagnéticas das amostras sintetizadas à temperatura ambiente e o efeito do tamanho dos cristalitos nas propriedades magnéticas. Assim, pode-se concluir que o método hidrotermal assistido por micro-ondas tem influência no tamanho das partículas e, conseqüentemente, nas propriedades magnéticas da ZnFe_2O_4 . A reação hidrotérmica para o crescimento de cristalitos de ZnFe_2O_4 é descrita pelo processo de dissolução-cristalização. Essas nanopartículas apresentam propriedades físicas interessantes, como valores adequados de saturação da magnetização, que possibilitam o uso adequado e possível na hipertermia. O método hidrotermal assistido por micro-ondas é importante não apenas para o uso de um curto tempo de tratamento e baixa temperatura, mas também para a possibilidade de controlar as propriedades morfológicas e estruturais. Portanto, esse método é inegavelmente uma técnica genuína para baixas temperaturas e tempos curtos em comparação com as metodologias anteriores.

REFERÊNCIAS

AZHARKHAN, M. **High frequency dielectric response and magnetic studies of $\text{Zn}_{1-x}\text{Tb}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ nanocrystalline ferrites synthesized via micro-emulsion technique.** J. Magn. Magn. Mater. 360, 2014, 188–192 p.

AGRAWAL, D. K. **Microwave processing of ceramics.** Curr. Opin. Solid State Mater.Sci., 3, 1998, 480-486 p.

BEDANTA, S.; KLEEMANN, W. **Superparamagnetism.** Journal of Physics D: Applied Physics 1, 42, 2008, 013001 p.

CASTRO, VINÍCIUS F; CELESTINO, JULIANA; QUEIROZ, ALVARO A. A.; GARCIA, FILIBERTO G. **Propriedades magnéticas e biocompatíveis de nanocompósitos para utilização em magneto-hipertermia.** Revista Brasileira de Física Médica 4, 1, 2010, 79-82 p.

DJULBEGOVIĆ, B.; LIVINGSTONE C. **Decision-Making in Oncology. Evidence-Based Management.** 1st edition, 1997.

FU, Y. S.; WANG, X. **Magnetically separable ZnFe_2O_4 -graphene catalyst and its high photocatalytic performance under visible light irradiation.** Ind.Eng. Chem. Res. 50, 2011, 7210–7218 p.

GABBASOVA, Z.V.; KUZ'MIN, M. D.; ZVEZDIN, A. K.; DUBENKO, I. S.; MURASHOV, V.A.; RAKOV, D. N.; KRYNETSKY, I. B. **$\text{Bi}_{1-x}\text{R}_x\text{FeO}_3$ (R = Rare earth): a family of novel magnetoelectrics.** Phys. Lett. A. 158, 1991, 491-498 p.

GENG, J.; LV, Y.; LU, D.; ZHU, J.-J. **Sonochemical synthesis of PbWO_4 crystals with dendritic, flowery and star-like structures.** Nanotechnology, 17, 2006, 2614-2620 p.

GODINHO, M.; RIBEIRO, C.; LONGO, E.; LEITE, E. R. **Influence of microwave heating on the growth of gadolinium-doped cerium oxide nanorods.** Cryst. Growth Des. 8, 2008, 384-386 p.

GOMES, J.A; AZEVEDO, G. M; DEPEYROT, J; MESTNIK-FILHO, J; SILVA, G. J. DA; TOURINHO, F.

- A; PERZYNSKI, R. **ZnFe₂O₄ nanoparticles for ferrofluids: A combined XANES and XRD study**, Journal of Magnetism and Magnetic Materials 323, 2011, 1203 p.
- HOSNI, B. **Structure and electro chemical hydrogen storage properties of Ti₂Ni alloy synthesized by ball-milling**. J. Alloy. Compd. 615, 2014, 119–125 p.
- HOUSE, S. D. **Effect of ball-milling duration and dehydrogenation on the morphology, microstructure and catalyst dispersion in Ni-catalyzed MgH₂ hydrogen storage materials**. ActaMater. 86, 2015, 55–68 p.
- HURD, C. M. **Varieties of magnetic order in solids**. Journal Contemporary Physics 5, 23, 1982, 469-493 p.
- IM, JONG M.; YOU, HYUN J.; YOON, YONG S.; SHIN, DONG W. **Synthesis of nano-crystalline Gd_{0.1}Ce_{0.9}O_{2-x} for IT-SOFC by aerosol flame deposition**. 2007.
- INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA. **Estimativa 2014: incidência de câncer no Brasil**. Coordenação-Geral de Prevenção e Vigilância. Rio de Janeiro: INCA, 2014.
- KANG, S.-J.L. **Sintering Densification, Grain Growth & Microstructure**. Elsevier, Oxford, 2005, 265 p.
- KLAHR, S. **Oxygen radicals and renal diseases**. Miner Electrolyte Metab. 3, 23, 1997, 40-3 p.
- KHOLLAM, Y. B.; DESHPANDE, A. S.; PATIL, A. J.; POTDAR, H. S.; DESHPANDE, S. B.; DATE, S. **Microwave-hydrothermal synthesis of equi-axed and submicron-sized BaTiO₃ powders**. Mater. Chem. Phys. 71, 2001, 304-308 p.
- LAOKUL, P. **Characterization and magnetic properties of nanocrystalline CuFe₂O₄, NiFe₂O₄, ZnFe₂O₄ powders prepared by the Aloe vera extract solution**. Curr. Appl. Phys. 11, 2011, 101–108 p.
- LAZAREVIĆ, Z. Ž.; JOVALEKIĆ, Č.; IVANOVSKI, V. N.; et al. **Characterization of partially inverse spinel ZnFe₂O₄ with high saturation magnetization synthesized via soft mechanochemically assisted route**. Journal of Physics and Chemistry of Solids 75, 2014, 869-877 p.
- LEE, D.; KIM, M. G.; RYU, S.; JANG, H. M.; LEE, S. G. **Epitaxially grown La-modified BiFeO₃ magnetoferroelectric thin films**. Appl. Phys. Lett., 86, 2005, 222903-222905 p.
- LEMINE, O. M. **Synthesis, structural, magnetic and optical properties of nano-crystalline ZnFe₂O₄**. Phys. B: Condens. Matter. 406, 2011, 1989–1994 p.
- LI, J., et al., **Influence of Mn and Nb dopants on electric properties of chemical-solution-deposited BiFeO₃ films**. Appl. Phys. Lett., 84, 2004, 5261-5263 p.
- MARINCA, T. **Structural and magnetic properties of nanocrystalline ZnFe₂O₄ powder synthesized by reactive ball milling**. Optoelectronics and Advanced Materials-rapid Communications 5, 1, 2011, 149-152 p.
- MORNET, S. VASSEUR, S.; GRASSET, F.; DUGUET, E.; **“Magnetic nanoparticle design for medical diagnosis and therapy**. J. Mater. Chem. 14, 2004, 2161–2175 p.
- O’NEILL, H. S. C. **Temperature dependence of the cation distribution in zinc ferrite (ZnFe₂O₄) from powder XRD structural refinements**. Eur. J. Mineral 4, 1992, 571–580 p.

OVERGAARD, J.; OVERGAARD M. Hyperthermia as an adjuvant to radiotherapy in the treatment of malignant melanoma. *Int. J. Hyperthermia* 3, 1987, 483-501 p.

PASSOS, E. D. **Síntese e Caracterização de Microesferas Magnéticas para Utilização em Hipertermia**. Dissertação (Mestrado em Materiais) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2006.

PANKHURST, Q.A.; CONNOLY, J.; JONES, S.K.; DOBSON, J. **Applications of magnetic nanoparticles in biomedicine**. *J. Phys. D: Appl. Phys.* 36, 2003, 167-181 p.

PRADEEP A.; PRIYADHARSINI P.; CHANDRASEKARAN G. **Structural, magnetic and electrical properties of nanocrystalline zinc ferrite**. *J. Alloy. Compd.* 509, 2011, 3917–3923 p.

RAHMAN, M. M. **Highly sensitive formaldehyde chemical sensor based on hydrothermally prepared spinel ZnFe₂O₄ nanorods**. *Sens. Actuators B: Chem.* 171, 2012, 932–937 p.

RAHUL, M.; THANKACHAN. **Enhanced lithium storage in ZnFe₂O₄-C nanocomposite produced by low-energy ball-milling**. *J. Power Sources* 282, 2015, 462–470 p.

RAMESHBABU, R.; RAMESH, R.; KANAGESAN, S.; KARTHIGEYAN, A.; PONNUSAMY, S. **Synthesis and study of structural, morphological and magnetic properties of ZnFe₂O₄ nanoparticles**. *J. Supercond. Nov. Magn.*, 27, 2014, 1499-1502 p.

SANTILLI, C.V.; PULCINELLI, S.H. **Análise da textura de materiais cerâmicos a partir das isotermas de adsorção de gases**. *Cerâmica* 39, 259, 1993, 11-16 p.

SHI, E.; XIA, C. T.; ZHONG, W. Z.; WANG, B. G.; FENG, C. D. **Crystallographic properties of hydrothermal barium titanate crystallites**. *J. Am. Ceram. Soc.* 80, 1997, 1567-1572 p.

SHUBIK, P. **Vascularization of tumors: a review**. *Journal of Cancer Research and Clinical Oncology* 3, 103, 26, 1982, 2111 p.

SIMÕES, A. Z.; AGUIAR, E. C.; GONZALEZ, A. H. M.; ANDRÉS, J.; LONGO, E.; VARELA, J. A. **Strain behavior of lanthanum modified BiFeO₃ thin films prepared via soft chemical method**. *J. Appl. Phys.*, 104, 2008, 104115-1-104115-6 p.

SIMÕES, A. Z.; CAVALCANTE, L. S.; RICCARDI, C. S.; VARELA, J. A.; LONGO, E. **Improvement of fatigue resistance on La modified BiFeO₃ thin films**. *Current Applied Physics*, 9, 2009, 520–523 p.

SIMÕES, A. Z.; STOJANOVIC, B. D.; RAMIREZ, M. A.; CAVALHEIRO, A.A.; LONGO, E.; VARELA, J.A. **Lanthanum-doped Bi₄Ti₃O₁₂ prepared by the soft chemical method: Rietveld analysis and piezoelectric properties**. *Ceramics International* 34, 2008, 257-261 p.

SIMÕES, A. Z.; GONZALEZ, A. H. M.; AGUIAR, E. C.; RICCARDI, C. S.; LONGO, E.; VARELA, J. A. **Piezoelectric behavior of SrRuO₃ buffered lanthanum modified bismuth ferrite thin films grown by chemical method**. *Appl. Phys. Lett.* 93, 2008, 142902-142904 p.

SIMÕES, A. Z.; RAMÍREZ, M. A.; RICCARDI, C. S.; LONGO, E.; VARELA, J. A. **Ferroelectric characteristics of SrBi₄Ti₄O₁₅ thin films grown on Pt/Ti/SiO₂/Si substrates by the soft chemical method**. *Mater. Lett.* 60, 2006, 2020-2023 p.

SIMÕES, A. Z.; RAMÍREZ, M. A.; RICCARDI, C. S.; GONZALEZ, A. H. M.; LONGO, E.; VARELA, J. A. **Synthesis and electrical characterization of CaBi₂Nb₂O₉ thin films deposited on Pt/Ti/SiO₂/Si substrates by polymeric precursor method**. *Mater. Chem. Phys.* 98, 2006, 203-206 p.

SIMÕES, A. Z.; RAMÍREZ, M. A.; GONZALEZ, A. H. M.; RICCARDI, C. S.; RIES, A.; LONGO, E.;

- VARELA, J. A. **Control of retention and fatigue-free characteristics in $\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ thin films prepared by chemical method.** J. Sol. State Chem. 179, 2006, 2206-2211 p.
- SIMÕES, A. Z.; RICCARDI, C. S.; CAVALCANTE, L. S.; VARELA, J. A.; LONGO, E. **Size effects of polycrystalline lanthanum modified $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ thin films.** Materials Research Bulletin, 43, 2008, 158-167 p.
- SWAMY, P. M. P.; BASAVARAJA, S.; LAGASHETTY, A.; SRINIVAS RAO, N.V.; NIJAGUNAPPA, R.; VENKATARAMAN, A. **Synthesis and characterization of zinc ferrite nanoparticles obtained by self-propagating low-temperature combustion method.** Bull. Mater. Sci., 7, 34, 2011, 1325–1330 p.
- TANGCHAROEN, T.; RUANGPHANIT, A.; PECHARAPAA, W. **Structural and magnetic properties of nanocrystalline zinc-doped metal ferrites (metal=Ni; Mn; Cu) prepared by sol-gel combustion method.** Ceramics International 39, 2013, 239-243 p.
- URBANOWICZ, P.; TOMASZEWICZ, E.; GRON, T.; et al. **Superparamagnetic-like behavior and spin-orbit coupling in $(\text{Co,Zn})\text{RE}_4\text{W}_3\text{O}_{16}$ tungstates (RE = Nd, Sm, Eu, Gd, Dy and Ho).** Journal of Physics and Chemistry of Solids 72, 2011, 891-898 p.
- VARSHNEY, D.; VERMA K.; KUMAR, A. **Structural and vibrational properties of $\text{Zn}_x\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$ (x = 0.0, 0.25, 0.50, 0.75, 1.0) mixed ferrites.** Mater. Chem. Phys. 131, 2011, 413–419 p.
- VENKATESAN, M.C.B.; FITZGERALD; COEY, J.M.D. **Thin films: unexpected magnetism in a dielectric oxide.** Nature 7000, 2004, 630-630 p.
- VINOSHA, P. A.; MELY, L. A.; JERONSIA, J. E.; et al. **Synthesis and properties of spinel ZnFe_2O_4 nanoparticles by facile co-precipitation route.** Optik 134, 2017, 99-108 p.
- WANG, Z.W.; LAZOR, P.; SAXENA, S.K.; ARTIOLI, G. **High pressure Raman spectroscopic study of spinel (ZnCr_2O_4).** J. Solid State Chem. 165, 2002, 165–170 p.
- WANG, H.; ZHU, J. J.; ZHU, J. M.; LIAO, X. H.; XU, S.; DING, T. **Fabrication of porous metal oxides for catalytic applications using templating techniques.** Phys. Chem. 4, 2002, 3794-3799 p.
- WEINBERG, R.A. **The Biology of Cancer CL.** Garland Science, 2006.
- WILSON, G. J. ; MATIJASEVICH, A. S. ; MITCHELL, D. R. G. ; SCHULZ, J. C. ; WILL, G. D. **Modification of TiO_2 for Enhanced Surface Properties: Finite Ostwald Ripening by a Microwave Hydrothermal Process.** Langmuir. 22, 2006, 2016-2027 p.
- YOO, J. **The effects of microstructure on $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{TiO}_3$ pyroelectric materials for pyroelectric and bolometer infrared sensors.** Ph.D. Thesis, University of Auckland, 1999.
- ZALESSKII, A. V.; FROLOV, A. A.; KHIMICH, T. A.; BUSH, A. A. **Composition-Induced Transition of Spin-Modulated Structure into a Uniform Antiferromagnetic State in a $\text{Bi}_{1-x}\text{La}_x\text{FeO}_3$ System Studied Using ^{57}Fe NMR.** Phys. Solid State. 45, 2003, 134-138 p.
- ZHANG, H.; FU, X.; NIU, S.; XIN, Q. **Synthesis and Luminescent Properties of Nanosized YVO_4 : Ln (Ln=Sm, Dy).** J. Alloys Compd., 457, 2008, 61–65 p.

ESTUDO QUÍMICO DO EXTRATO CLOROFÓRMICO DAS FOLHAS DA *Annona muricata* L.

Maria Luiza da Silva Pereira

Centro Universitário de Patos de Minas – Unipam,
Engenharia Química
Patos de Minas – MG

Karoline Pereira Ribeiro

Centro Universitário de Patos de Minas – Unipam,
Engenharia Química
Patos de Minas – MG

RESUMO: *Annona muricata* L. é uma espécie que possui grandes folhas ovais e esverdeadas. Habita em solos secos, predominantemente dos cerrados. Essa espécie possui uma representatividade na flora brasileira e intenso uso como planta medicinal, possuindo alta atividade antibacteriana e uma ótima ação terapêutica. Devido à grande utilização desta planta na medicina popular, propôs-se uma prospecção química com as folhas de *A. muricata*. Para isso, foram realizados testes para identificação de cumarinas, alcaloides, flavonoides, triterpenos/esteroides, saponinas, quinonas/antraquinonas, taninos, resinas e glicosídeos cardiotônicos. Foi identificada a presença dos metabólitos secundários: alcalóides, saponinas, taninos e esteroides. Esses resultados levam em consideração que os extratos de *Annona muricata* L. testados, podem contribuir para avaliar o potencial farmacológico atribuído à planta. Esses resultados

demonstram o potencial dessa espécie tanto para fonte de compostos antibacterianos como de analgésicos, necessitando assim de outros estudos.

PALAVRAS-CHAVE: *A. muricata* L. Extrato. Metabólitos Secundário. Farmacologia.

ABSTRACT: *Annona muricata* L. is a species that has large oval and greenish leaves. It inhabits dry soils, predominantly of cerrado. This species has a representativeness in the Brazilian flora and intense use as a medicinal plant possessing high antibacterial activity and a great therapeutic action. Due to the great use of this plant in popular medicine, it was proposed a chemical prospection with the leaves of *A. muricata*. For this, tests were performed to identify coumarins, alkaloids, flavonoids, triterpenes/steroids, saponins, quinones/ anthraquinones, tannins, resins and cardiotonic glycosides. The presence of secondary metabolites: alkaloids, saponins, tannins and steroids was identified. These results take into account that the extracts of *Annona muricata* L tested can contribute to evaluate the pharmacological potential attributed to the plant. These results demonstrate the potential of this species both for the source of antibacterial compounds and for analgesics, thus requiring other studies.

KEYWORDS: *A. muricata* L. Extract. Secondary metabolites. Pharmacology.

1 | INTRODUÇÃO

A *Annona muricata* L. pertence à família *Annonaceae* e ao gênero *Annona*. É também conhecida como graviola, guanabara, araticum, coração-de-rainha, frutadão-conde, jaca-do-pará, pinha, entre outros. Os frutos são do tipo baga com polpa mucilaginosa e levemente ácida. Originária da América tropical, principalmente das Antilhas e da América Central, é muito cultivada nos países de clima tropical, inclusive no Brasil (CORREA, 1984; VIEIRA, 2010).

O uso empírico de plantas medicinais por parte da população é milenar, despertando o interesse de muitos pesquisadores e visando o conhecimento sobre novas moléculas que possam ser usadas na terapêutica. O Brasil possui a maior biodiversidade do planeta, que, associada à rica diversidade étnica, torna o país o cenário ideal para o desenvolvimento de estudos voltados à comprovação de usos populares de plantas (FOGLIO, et al. 2006).

A análise química tem por objetivo conhecer os constituintes químicos de espécies vegetais ou avaliar sua presença. Segundo Falkenberg, Santos e Simões (1999), a triagem química possibilita conhecer os compostos químicos e avaliar a presença dos mesmos em uma determinada espécie vegetal. Para dar continuidade à descrição de um grupo de compostos químicos presentes em uma planta, primeiramente faz-se a extração de substâncias químicas com um determinado solvente, logo conhecido em extrato.

Os metabólitos secundários são considerados como produtos de excreção vegetal, com estruturas químicas e, algumas vezes, propriedades biológicas. Os metabólitos secundários, por serem fatores de interação entre organismos, frequentemente possuem atividades biológicas importantes. Do ponto de vista farmacêutico, o maior interesse deriva essencialmente do número elevado de substâncias farmacologicamente importantes (FALKENBERG; SANTOS; SIMÕES, 2001), como é o caso de alcaloides, saponinas, cumarinas, taninos, entre outros.

De acordo com a medicina popular, todas as partes da árvore da graviola são utilizadas na medicina natural, ou seja, cascas, raízes, folhas, flores e sementes da fruta. Atualmente, o chá da *Annona muricata* L. é utilizado pela população em geral, devido às suas propriedades terapêuticas. A graviola mostra-se, portanto, com um grande potencial farmacológico, do ponto de vista de seu conteúdo de metabólitos secundários, fazendo-se necessário maiores investigações para isolamento e identificação dos compostos de interesse.

A determinação de metabólitos secundários é bastante importante, uma vez que a caracterização da parte orgânica se faz necessária para uma possível indicação alternativa de propriedades farmacológicas. Deste modo, o presente estudo objetivou avaliar a composição química dos extratos de folha da *Annona muricata* L., nos quais foram realizadas triagem química para a identificação dos metabólitos secundários presentes nesta, observando suas propriedades químicas e avaliando sua capacitação

como planta medicinal.

2 | REVISÃO DE LITERATURA

A família *Annonaceae* *Jussieu* compreende aproximadamente 135 gêneros, que englobam 2500 espécies, com distribuição marcadamente tropical e subtropical em todo o mundo (LOBÃO et al, 2005; JOLY, 1993). A *Annona muricata* L possui árvore de aproximadamente 6 metros de altura, copa pequena e poucos ramos, folhas com disposição alternada e arrançadas em um único plano (filotaxia alterna dística) de tamanho 12-16cm de comprimento por 4-8cm de largura, com presença de pelos de cor ferrugíneos e brilhantes. Esta apresenta flores de aproximadamente 6 cm, de cor amarelada, sépalas em número de três e pétalas dispostas em duas séries de três de coloração amarelada. Os estames e os carpelos numerosos são dispostos em um receptáculo hemisférico, sendo os estames localizados na porção basal e os carpelos na apical (PRANCE; SILVA, 1976; CAVALCANTE, 1976; STEYEMARK et al., 1997).

Estudos químicos com a *A. muricata* conduziram ao isolamento de compostos de diversas classes, tais como acetoneias, alcaloides, terpenoides, carboidratos, polifenóis, lipídeos e aminoácidos, sendo que algumas dessas substâncias estão associadas ao sequestro dos radicais livres formados nos processos degenerativos (VILA-NOVA et al., 2013; ANGELO et al., 2007).

Deste modo, a *A. muricata* está relacionada à prática médica popular, mais precisamente no uso de remédios utilizados em sistemas tradicionais e no estudo científico através de ativos biológicos, ou seja, existe uma relação quanto às informações obtidas através do conhecimento popular de plantas medicinais com análises químicas (ELIZABETSKY; SOUZA, 1999).

Nos frutos da *A. muricata* são encontrados açúcares, taninos, ácido ascórbico (vitamina C), pectinas, beta-caroteno (vitaminas A) e complexo B. O óleo obtido do fruto contém ésteres e compostos nitrogenados como as substâncias responsáveis pelo aroma. Estudos químicos revelam que as folhas contêm até 1,8% de óleo essencial rico em gama-cadineno e alfa-elemeno. Nas folhas, casca e raiz, encontram-se diversos alcaloides como reticulinas, coreximina, coclarina e anomurina. Diversas acetogeninas também podem ser encontradas nas folhas, casca e raízes (LORENZI; MATOS, 2002).

São utilizadas na medicina natural todas as partes da árvore da *Annona muricata* L. A literatura etnofarmacológica registra vários usos medicinais baseados no senso comum, que lhe atribui várias propriedades, embora a eficácia e a segurança de suas preparações não tenham sido totalmente comprovadas cientificamente (PEREIRA et al., 2004; REIS, 2011).

O desenvolvimento de pesquisas de base, como a avaliação química, vem sendo utilizado para identificar a presença dos compostos químicos em espécies vegetais, identificando os grupos presentes em uma planta, dentre eles os fenólicos

(FALKENBERG, SANTOS & SIMÕES, 1999).

3 | METODOLOGIA

3.1 Delineamento e local de estudo

Este foi realizado nos laboratórios de ensino e pesquisa de Química do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).

3.2 Métodos

3.2.1 Reagentes e equipamentos

Os reagentes utilizados nas análises foram de grau (P.A): acetona (Êxodo científica, Brasil), clorofórmio (Vetec Química Fina, Brasil), etanol, hidróxido de potássio, cloreto férrico, ácido acético, éter etílico, ácido clorídrico, hidróxido de amônio, reagentes de Dragendoff, Mayer e Bertrand, ácido sulfúrico, cloreto de alumínio, anidrido acético, água destilada e deionizada, solução metanoica, anisaldeído sulfúrico e cloreto de sódio.

Os equipamentos utilizados foram: Balança analítica da marca Tech Master (modelo BA437/01), estufa da marca odontobras (modelo EL-1.6), moinho de facas da marca Willye (modelo NL-226), extrator de Soxhlet, manta aquecedora da marca Fisatom (modelo 52), bomba d'água da marca Fisatom, evaporador rotatório da marca Fisatom (modelo 802), óculos, máscara.

3.2.2 Coleta e secagem do material vegetal

A coleta da planta *Annona muricata* L. foi realizada na região de Presidente Olegário-MG. As folhas foram lavadas com água corrente para a retirada de terra, em seguida envolvidas com o papel kraft e levadas à estufa com uma temperatura de 40° C, para total remoção residual. Após a secagem, o material foi triturado em um moinho de facas até a obtenção do pó, originando a matéria-prima analisada.

3.2.3 Extração por extrator de Soxhlet

Uma amostra das folhas secas de *Annona muricata*, com aproximadamente 6g da matéria-prima foi submetida à extração em um extrator tipo soxhlet, com cerca de 300 mL de clorofórmio, durante 9 h. Este procedimento foi repetido mais quatro vezes, e após submeter-se ao roto-vapor, finalizou-se com um total de 4g de extraído.

O mesmo procedimento foi repetido, porém, a amostra das folhas de *Annona muricata* se encontrava in natura. Utilizou-se aproximadamente 6g da matéria-prima que foi submetida à extração em um extrator tipo soxhlet, com cerca de 300 mL de clorofórmio, durante 9h. Este procedimento foi repetido mais quatro vezes, e após

submeter-se ao roto-vapor, finalizou-se com um total de 5,5 g de extraído.

3.3 Estudo químico dos metabólitos secundários

Para a realização dos testes de metabólitos secundários, foram realizadas com o extrato clorofórmio, submetendo aos testes químicos, conforme metodologia de Bessa, Terrones, Santos (2007).

| Metabólito secundário | Teste |
|--------------------------|---|
| Cumarinas | Keller-killiani e teste de identificação (lâmpada UV). |
| Alcaloides | Dragendorff, Mayer e Bertand. |
| Flavonoides | Shinoda, Cloreto de Alumínio e Pew. |
| Triterpenos/Esteroides | Liebermann-Burchard. |
| Saponinas | Testes da espuma, Rossol, e Komarovisk. |
| Quinonas/Antraquinonas | Bornträger direta e com prévia hidrólise ácida. |
| Taninos | Cloreto férrico 10% e o teste de precipitação em gelatina incolor. |
| Resinas | Preparação de um extrato hidro alcoólico e após a filtragem do mesmo adiciona-se água e leva ao aquecimento |
| Glicosídeos cardiotonios | Liebermann- Burchard e Keller-killiani. |

Tabela 1 – Testes para identificação dos metabólitos secundários.

Fonte: Bessa, Terrones e Santos (2007).

3.3.1 Identificação de cumarinas

Foi realizada a reação de Keller-Kiliani (ácido acético glacial, numa gota de cloreto férrico a 5% em metanol e ácido sulfúrico concentrado). Em um tubo de ensaio foram colocados 2,0 mL da solução metanólica e 3 gotas do extrato clorofórmio de *Annona muricata*, tampado com papel de filtro impregnado em solução 10% 12 de NaOH, levando ao banho de água a 100° C por alguns minutos. Removendo o papel de filtro, examinou-se sob luz UV. A fluorescência amarela indica a presença de cumarinas (BESSA; TERRONES; SANTOS, 2007).

3.3.2 Identificação de alcaloides

A 2,0 mL da solução metanólica foram adicionados 2,0 mL de HCl (10%). Essa mistura deve ser aquecida por 10 minutos, juntamente com 3 gotas do extrato clorofórmio de *Annona muricata*. Esperando esfriar, filtrou-se, dividindo o filtrado em três tubos de ensaios, acrescentando algumas gotas dos reativos de reconhecimento: Dragendorff, Mayer e Bertand. Uma leve turbidez ou precipitado (respectivamente roxo a laranja, branco a creme e marrom) evidenciou a possível presença deles (BESSA; TERRONES; SANTOS, 2007).

3.3.3 Identificação de flavonoides

Foram colocados em um tubo 2,0 mL da solução metanólica, alguns fragmentos de Mg e agregados, pelas paredes do tubo, algumas gotas de HCl diluído juntamente a 1 mL do extrato clorofórmio de *Annona muricata*. Observou-se a coloração, que varia para as diferentes estruturas (BESSA; TERRONES; SANTOS, 2007).

3.3.4 Identificação de esteroides e triterpenos

A 2,0 mL da solução metanólica foram adicionados 5,0 mL de clorofórmio, filtrando e dividindo o filtrado em duas porções. Em cada um dos tubos realizaram-se as reações de Liebermann Burchard e Salkowski, acrescentadas ao extrato clorofórmico de *Annona muricata*. Os triterpenos desenvolvem coloração estável e os esteroides desenvolvem coloração mutável com o tempo (BESSA; TERRONES; SANTOS, 2007).

3.3.5 Identificação de saponinas

Em 1 mL do extrato clorofórmio de *Annona muricata* foram adicionados 2,0 mL da solução metanólica e adicionados 5,0 mL de água fervendo. Ao esfriar, o composto foi agitado vigorosamente e deixado em repouso por 20 minutos. Classifica-se a presença de saponinas pela formação de espumas (BESSA; TERRONES; SANTOS, 2007).

3.3.6 Identificação de taninos

Em 1 mL do extrato clorofórmio de *Annona muricata* foram adicionados 2,0 mL da solução metanólica e adicionados 5,0 mL de água destilada. Foi filtrada e adicionada 1 ou 2 gotas de solução de cloreto férrico a 10%. A coloração azul indica possível presença de taninos hidrolisáveis, e a coloração verde, de taninos condensados (BESSA; TERRONES; SANTOS, 2007).

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através dos testes realizados em laboratório, foram determinados os princípios ativos presente ao extrato de clorofórmio das folhas de *Annona muricata* L. in natura, observando resultado positivo para alcaloides, saponinas, taninos e esteroides. Para as folhas secas a 40°C observou-se resultado positivo para alcaloides, taninos e esteroides, divergindo o teste de saponinas na avaliação das folhas (Tabela 2). Os resultados foram comparados com a literatura (Alfaia; Almeida, 2015).

Ballvé (1985) ressalta que, na obtenção dos alcaloides, quando há evidência de uma leve turbidez ou precipitado, isso indica presença deles, o que foi visualizado neste experimento, obtendo-se um resultado positivo para os testes com a folha seca

a 40° C e *in natura*.

Para as saponinas, é necessária a presença de espuma. Esse aspecto foi confirmado nos testes com as folhas *in natura*, divergindo com o resultado encontrado com extrato das folhas secas a 40° C. Esta diferença de resultado pode ter ocorrido em função do calor, que teria degradado a propriedade química.

Para taninos a coloração azul representa presença de taninos hidrolisáveis, e a verde, de taninos condensados. Para este estudo, os extratos tiveram presença apenas de taninos hidrolisáveis, em ambos extratos. Porém, divergiram com os resultados encontrados de Alfaia e Almeida (2015), que apresentaram negativo para taninos, podendo esta ser justificada pela diferença de região ou metodologia utilizada.

| Metabólitos Secundários | Folhas de <i>A. muricata</i> L. <i>in natura</i> | Folhas de <i>A. muricata</i> L. seca a 40 °C | Folhas de <i>A. Muricata</i> L.* |
|--------------------------|--|--|----------------------------------|
| Cumarina | - | - | - |
| Alcaloides | + | + | + |
| Flavonoides | - | - | - |
| Saponinas | + | - | + |
| Taninos | + | + | - |
| Esteroides e Triterpenos | + | + | + |

TABELA 2 - Avaliação dos princípios ativos encontrados nas folhas da espécie *A. muricata* L.

Fonte: Dados do autor, 2017. *Alfaia; Almeida, 2015.

O teste para triterpenos foi identificado por coloração, que varia de vermelho a marrom, sendo resultado positivo. Soldi (2007, p. 14) diz que “triterpenos são compostos caracterizados por exibir uma ampla faixa de atividades biológicas incluindo atividade antioxidante, antialérgica, anti-inflamatória, antitumoral, antibacteriana, antinociceptiva, gastroprotetiva, hepatoprotetiva e cardioprotetiva”.

A presença de metabólitos secundários na planta nos indica a presença de constituintes que podem ser utilizados em diversas enfermidades. É o caso dos alcaloides que, devido à presença de nitrogênio, em sua maioria apresentam propriedades essenciais e forte atividade fisiológica (ROBBERS; SPEEDIE; TYLER, 1997). As plantas que possuem saponinas são empregadas também por sua ação mucolítica, diurética e depurativa (TESKE; TRENTINI, 1995). Os taninos exercem ação adstringente, antidiarreica e antisséptica (TESKE; TRRENTINI, 1995).

Em síntese, a avaliação química feita através da metodologia de Bessa, Terrones e Santos (2007), que obtiveram resultados positivos com relação à presença de alguns metabólitos secundários, como alcaloides, saponinas, taninos hidrolisáveis, esteroides e triterpenos. Na figura 1, apresentam-se as imagens destes resultados realizados em laboratório.

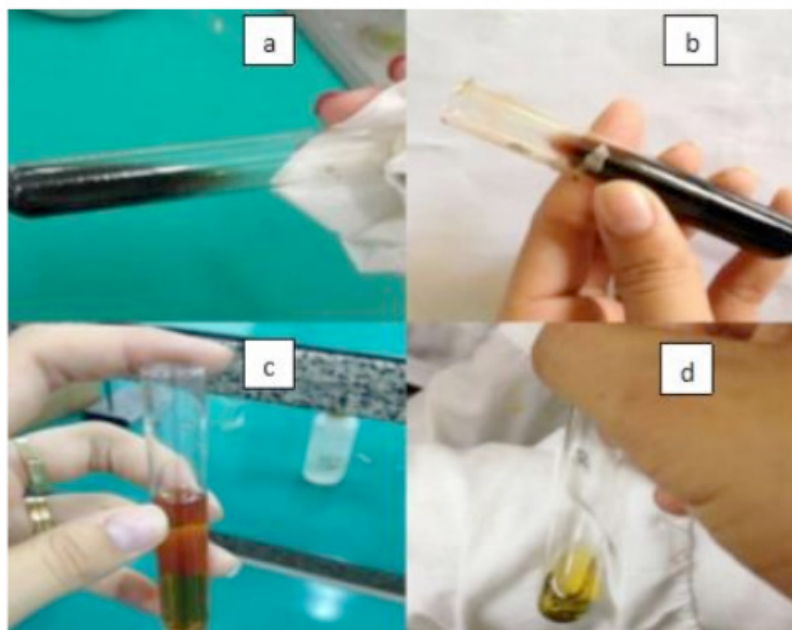


FIGURA 1: Resultados dos princípios ativos encontrados nas folhas da espécie *Annona*. (Taninos (a), esteróides e triterpenos (b), alcalóides (c) e saponinas (d)).

5 | CONCLUSÃO

De acordo com resultados encontrados neste estudo, constatou-se que as classes de metabólitos secundários presentes em *A. muricata* são: alcalóides, saponinas, taninos hidrolisáveis, esteróides e triterpenos, os quais apresentam atividades farmacológicas contra várias doenças descritas na literatura, sendo também os mesmos já descritos em vários estudos realizados com as diversas espécies deste gênero. Esses resultados demonstram o potencial dessa espécie tanto para fonte de compostos antibacterianos como de analgésicos, necessitando assim de outros estudos.

Assim, é de grande importância a avaliação microbiológica e verificação do efeito anticarcinogênico associada a farmacognosia podem fornecer subsídios para investigação da atividade fitoterápica dessa planta.

REFERÊNCIAS

ALFAIA, Daiani Patrícia Silva; ALMEIDA, Sheylla Susan Moreida da Silva de. **Avaliação fitoquímica, análise citotóxica e antimicrobiana do extrato bruto etanólico das folhas de *Annona muricata* L. (Annonaceae)**. 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v-6, p-26-30>>. Acesso em: 23 out. 2017.

ANGELO, P. M.; JORGE, N. **Compostos fenólicos em alimentos** – Uma breve revisão. Revista do Instituto Adolfo Lutz, v.66, n.1, p.1-9, 2007.

BALLVÉ, C.A.; SILVA, G. A. de A. B. e; SIQUEIRA, N. C. S.; MENTZ, L. A. Levantamento fitoquímico de alguns vegetais utilizados na medicina popular do Rio Grande do Sul, **Caderno de Farmácia**, v. 1, n. 2, p. 83-94, 1985. Disponível em: <http://pesquisa.bvsalud.org/brasil/resource/pt/lil-31767>. Acesso em: 02 jul. 2017.

BESSA, Tatiana; TERRONES, Manuel Gonzalo Hernandez; SANTOS, Douglas Queiroz. **Avaliação fitotóxica e identificação de metabólitos secundários da raiz de *Cenchrus echinatus***. 2007. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/horizontecientifico/article/viewFile/3873/2878>>. Acesso em: 02 mar. 2017.

CAVALCANTE, P.B. **Frutas comestíveis da Amazônia**, 2ª ed. Ed. Museu Paraense Emilio Goeldi, Belém, p.24-26, 1976.

CORRÊA, M. P. **Dicionário de plantas medicinais do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de desenvolvimento Florestal, v. 6, n. 3, p. 646. Graviola do Norte, 1984.

ELISABETSKY, Elaine. SOUZA, Gabriela Coelho. **Etnofarmacologia como Ferramenta na Busca de Substâncias Ativas**. Livro: Farmacognosia da Planta ao Medicamento. Capítulo 6. 6ª Edição. UFRGS Editora. 1999. 107-108 p.

FALKENBERG, Miriam de Barcellos. SANTOS, Rosana Isabel. SIMÕES, Cláudia Maria Oliveira. **Introdução à Análise Fitoquímica**. Livro: Farmacognosia da Planta ao Medicamento. Capítulo 10. 6ª Edição. UFRGS Editora. 1999. 229 p.

FALKENBERG, Miriam de Barcellos. SANTOS, Rosana Isabel. SIMÕES, Cláudia Maria Oliveira. **Introdução à Análise Fitoquímica**. In: SIMÕES, C. et al. **Farmacognosia: Da Planta ao Medicamento**. 3 ed. Porto Alegre/Florianópolis: Ed. Da UFRGS/ Ed. Da UFSC, 2001. p. 165

FOGLIO, Mary Ann. et al. **Plantas Medicinais como Fonte de Recursos Terapêuticos: Um Modelo Multidisciplinar**. Divisão de Fitoquímica, CPQBA/UNICAMP. Campinas – SP. Disponível em: http://www.multiciencia.unicamp.br/artigos_07/a_04_7.pdf Acesso em: 29 jan. 2017.

JOLY, A. B. Botânica. **Introdução à toxamonia vegetal**. São Paulo: Campanhia Editora Nacional, 1993

LOBÃO, A. Q.; ARAÚJO, D. S. D.; KURTZ, B. C. **Annonaceae das restingas do estado o Rio de Janeiro, Brasil**. Rodriguésia, v. 56, n. 87, p. 85-96, 2005.

LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. **Plantas Medicinais do Brasil Nativas e Exóticas**. Ed. Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda., Nova Odessa, p.60-61, 2002.

PEREIRA, R. C.; OLIVEIRA, M. T. R.; LEMOS, G. C. S. Plantas utilizadas como medicinais no município de Campos de Goytacazes - RJ. **Revista Brasileira De Farmacognosia**, v. 14, n. 01, p. 40-44, 2004.

PRANCE, G.T.; SILVA, M.F. Árvores de Manaus. Ed. INPA, Manaus, p.44-48, 1975.

REIS, C. N. **Annona muricata**: análise química e biológica dos frutos de gravioleira. Rio de Janeiro, Dissertacao (Mestrado) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2011. 150p..

ROBBERS, J; SPEEDIE, M. K; TYLER, V. E. **Farmacognosia e Farmacobiotechnologia**. São Paulo: Premier, 1997.

STEYEMARK, J.A; MAAS, P.J.M.; BERRY, P.E.; JOHNSON, D.M.; MURRAY, N.A; RAINER, H. **Annonaceae in Flora of the Venezuelan Guayana**. Ed. Steyemark, J.A; Berry, P.E.; Yatskievych, K. & Holst, B.K. The Missouri Botanical Garden Press, St. Louis, vol 2, pp.423, 1997.

STASI, L. C. **Plantas Medicinais: Arte e Ciência**. Um Guia de Estudo Interdisciplinar. São Paulo: Unesp, 1995.

TESKE, M; TRENTINI, A. M. **Herbarium**, Compêndio de Fitoterapia. 3ed. Curitiba: Herbarium Laboratório Botânico, 1995.

VILA-NOVA, N. S.; et al Different susceptibilities of Leishmania spp. promastigotes to the *Annona muricata* acetogenins annonacinone and corosolone, and the *Platymiscium floribundum* coumarin scoparone, **Experimental Parasitology**, v. 133, p. 334-338, 2013.

VIEIRA, G. H. F. et al. Antibacterial effect (in vitro) of *Moringa oleifera* and *Annona muricata* against gram positive and gram negative bacteria. **Revista do Instituto de Medicina Tropical.**, Sao Paulo, v. 52, n. 3, p. 129-132, maio/jun., 2010.

MÉTODO SIMPLIFICADO PARA CALCULAR A ROTAÇÃO DO SOL

Matheus Leal Castanheira

Universidade Federal do Paraná, mlcastanheira@gmail.com

Dietmar Willian Foryta

Universidade Federal do Paraná, Departamento de Física, foryta@fisica.ufpr.br

RESUMO: Quando observamos o sol, podemos perceber pela posição das manchas solares, que ele tem um movimento de rotação. Este movimento de rotação não é rígido como observamos na Terra, o movimento no Sol depende de sua latitude e isso chamamos de rotação diferencial. Neste trabalho, mostraremos uma maneira simples de se estimar esta velocidade de rotação, utilizando imagens públicas do telescópio SOHO e um software de geometria chamado Geogebra.

PALAVRAS-CHAVE: Astronomia; Educação; Sol; Rotação.

SIMPLIFIED METHOD TO CALCULATE THE ROTATION OF SUN

ABSTRACT: When we observe the sun, we can realize by the position of the sunspots, that it contains a rotating movement. This rotation movement is not rigid as we observe on Earth, the movement in the sun depends on its latitude and this is what we call differential rotation.

In this paper, we will present a simple way to estimate this speed of rotation, using public images taken from the SOHO telescope and a geometry software called Geogebra. Keywords astronomy, rotation, sun, sunspot.

KEYWORDS: Astronomy; Education; Sun; Rotation.

1 | INTRODUÇÃO

A cerca de aproximadamente 4,5 bilhões de anos uma grande massa de hidrogênio começava a se aglutinar dando início a uma pequena estrela que hoje conhecemos como Sol.

O termo Sol etimologicamente origina-se do Indo-Europeu, vindo de *saewel*, que pode ser traduzida como brilhar ou iluminar. Sozinho nossa pequena estrela brilhou e iluminou o sistema solar por aproximadamente 500 milhões de anos, até que os detritos em volta dele começaram a se acumular dando origem aos planetas. Em um diminuto planeta a aproximadamente 150 milhões de km de distância a vida floresceu, e uma raça de homínídeos olhava para o céu e observava uma grande bola brilhante que os iluminava e aquecia. Aquela esfera de luz aparentemente girava em torno da Terra. Com o passar do tempo a humanidade evoluiu em diversas culturas e

não demorou muito para que várias delas tivessem o Sol como uma divindade, por exemplo ele era conhecido como *Helios* pelos gregos, *Mitras* pelos persas, *Rá* pelos egípcios e *Guaraci* para os Tupis. Apesar da constante evolução humana, foi só por volta do século XVII d.e.c com a invenção do telescópio, que um astrônomo chamado Galileu Galilei, começou a desenvolver os primeiros estudos da superfície do Sol. Ele percebeu que existiam manchas escuras na superfície do Sol, e no verão de 1612 fez os primeiros registros do que hoje conhecemos como manchas solares, um desses registros pode ser visto na Figura 1.

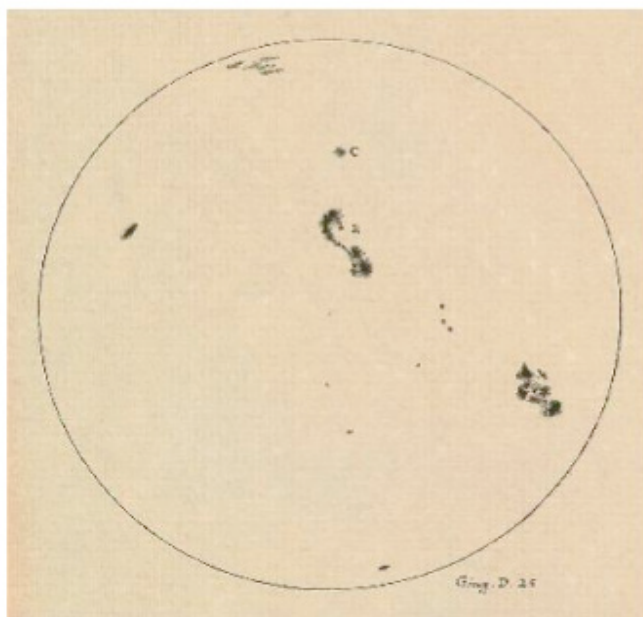


Figura 1: Primeiro registro de manchas solares feito por Galileu em 1612 publicadas no livro *Letters on Sunspots* em 1613.

A partir daí começou uma nova era de estudos sobre o Sol. Hoje, além de telescópios em terra, temos satélites específicos para observação solar, como o SOHO e o STEREO. Além da luz visível podemos observar o Sol em outros comprimentos de onda, desde de ondas de rádio com baixas frequências até ondas altamente energéticas como o raio x.

2 | METODOLOGIA

Carrington (1859), observando os padrões de rotação das manchas solares inferiu uma taxa de rotação diferencial do Sol. Agora observando imagens do Sol feitas pelo *Solar and Heliospheric Observatory* (SOHO), da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) iremos fazer um processo análogo. O SOHO é um satélite telescópio destinado ao estudo do Sol e suas imagens são de domínio público e foram obtidas no site <http://sohodata.nascom.nasa.gov>. Na figura 2 podemos observar duas manchas solares.



Figura 2: Foto do telescópio SOHO tirada no dia 09/12/2010 as 00:59 horas.

Com o passar dos dias as manchas se deslocarão da esquerda para a direita, este deslocamento está representado na Figura 3. Observando o deslocamento das manchas e o tempo de duração seremos capazes de determinar o período de rotação daquela região.



Figura 3: Fotos do Sol de 06/12/2010 a 10/12/2010 com espaçamento de 24 horas feitas pelo telescópio SOHO.

Observando as imagens usaremos o programa Geogebra e marcaremos a posição de cada uma das manchas solares.

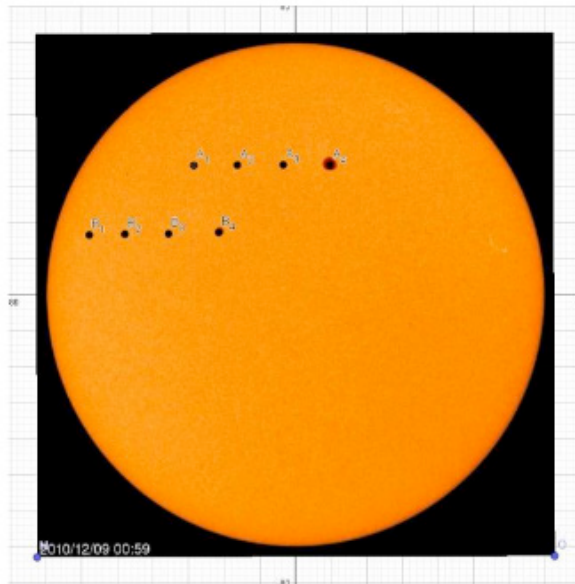


Figura 4: Marcação das manchas solares de 06/12/2010 até dia 09/12/2010 com espaçamento de 24 horas.

Esta marcação pode ser vista também como uma sobreposição das 4 imagens da Figura 3, gerando o que vemos na figura 4.

Observando as imagens do Sol temos a impressão que as manchas se deslocam em uma linha reta, mas como elas estão se movimentando na superfície do Sol, elas estão realmente se movimentando sobre uma superfície esférica, ou seja, elas percorrem um caminho em um círculo com o diâmetro da região onde elas se encontram. Com o auxílio do Geogebra iremos rotacionar este círculo para podermos visualizá-lo, agora passaremos a nos referir a ele como círculo E. Com isso, conseguiremos medir o real deslocamento da mancha A fazendo um prolongamento da posição no disco solar até interceptar o círculo E.

3 | COLETA DE DADOS E ANÁLISE EXPERIMENTAL

Com os dados fornecidos pela figura 5 construiremos o quadro 1, utilizaremos a posição no círculo E da mancha no ponto A1 como referência e contaremos a distância percorrida pela mancha a partir deste ponto.

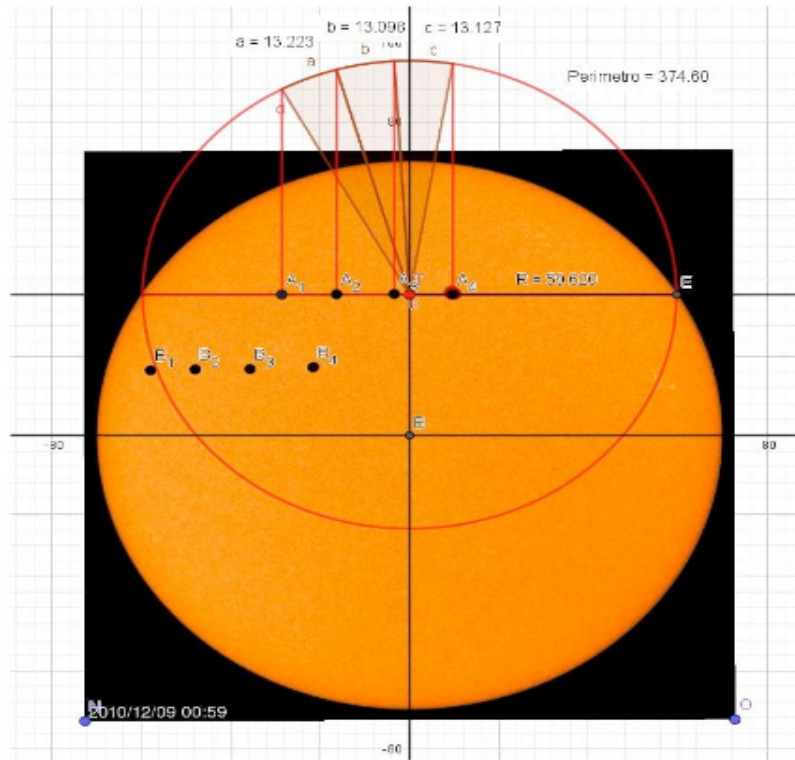


Figura 5: *Projeção do percurso da mancha A e prolongamentos para a transposição do percurso reto no disco solar para um arco sobre o círculo E.*

| Ponto | Tempo (h) | Distancia (10^5 km) |
|-------|-----------|------------------------|
| A1 | 0 | 0 |
| A2 | 24 | 1,3223 |
| A3 | 48 | 2,6232 |
| A4 | 72 | 3,9448 |

Quadro 1: Dados da Mancha A

Tendo em vista que o raio do Sol é de $6,9551 \cdot 10^5$ km o raio do círculo E é de $5,9620 \cdot 10^5$ km, sabemos então que o caminho percorrido pela mancha será igual ao perímetro. O perímetro de um círculo é dado por $P=2\pi R$. Então o perímetro do círculo E será de $3,7460 \cdot 10^6$ km.

Para calcular o período de rotação, iremos primeiro calcular a velocidade com que a mancha se desloca.

$$V_m = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$V_m = \frac{3,9448 \cdot 10^5 \text{km}}{72 \text{h}}$$

$$V_m = 5,478 \cdot 10^3 \text{km/h}$$

Agora, com esta velocidade calculamos o período de rotação:

$$T = \frac{P}{Vm}$$

$$T = \frac{3,7460 * 10^6 \text{ km}}{5,478 * 10^3 \text{ km/h}}$$

$$T = 683,826 \text{ h}$$

Convertendo para dias teremos 28,5 dias. Analogamente podemos repetir o processo para a mancha B.

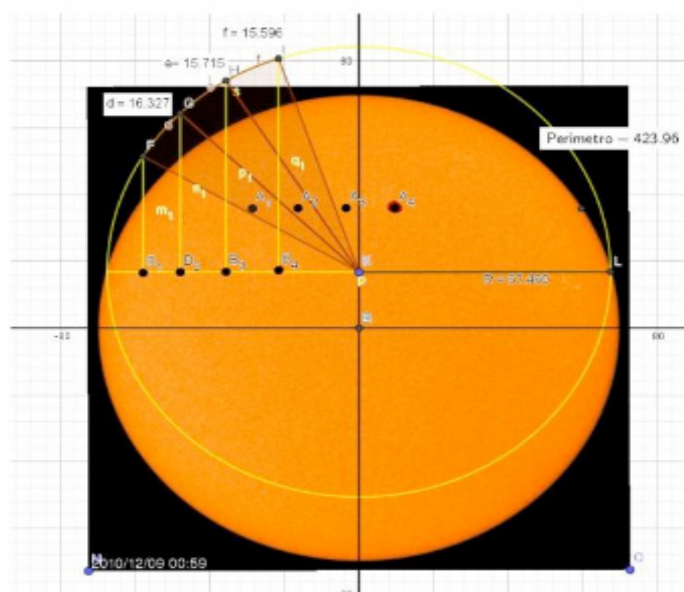


Figura 6: *Projeção do percurso da mancha B e prolongamentos para a transposição do percurso reto no disco solar, para um arco sobre o círculo L.*

Com base na figura 6 para a mancha B teremos os seguintes dados:

| Ponto | Tempo (h) | Distancia(10^5 km) |
|-------|-----------|-----------------------|
| B1 | 0 | 0 |
| B2 | 24 | 1,6327 |
| B3 | 48 | 3,2078 |
| B4 | 72 | 4,7674 |

Quadro 2: Dados da Mancha B

Utilizando os dados da mancha B e fazendo os cálculos análogos aos feitos acima, chegaremos a um período de rotação de 26,67 dias.

4 | CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, podemos perceber o período de rotação do Sol diminui conforme nos afastamos dos polos e nos aproximamos do equador, ou seja, cada latitude gira com uma velocidade específica, diferente do que observamos na superfície da terra onde temos uma rotação rígida, onde todas as latitudes giram com a mesma velocidade angular. Quando temos diferentes velocidades de rotação no mesmo astro damos o nome para este fenômeno de rotação diferencial.

Com imagens públicas e uma matemática simples, que poderia ser feita até mesmo sem o auxílio do software. Conseguimos determinar os períodos de rotação do sol, mostrando assim que ele possui uma rotação diferencial.

REFERÊNCIAS

CARRINGTON, R. C. On the distribution of the solar spots in latitudes since the beginning of the year 1854. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, Volume 19, 1 edição, 12 Novembro 1858.

CHAGAS, Maria Liduína D. Rotação diferencial em estrelas do tipo solar. 159f. Tese (Doutorado) - Departamento de Física Teórica e Experimental, Universidade Federal Do Rio Grande Do Norte, 2014.

GALILEI, Galileu. **Letters on sunspots**. Academia Dei Lincei, Roma. 1613.

MONITORAMENTO AMBIENTAL DOS FOCOS DE QUEIMADAS NO ESTADO DE ALAGOAS PARA OS ANOS DE 2015 E 2016

Esdras de Lima Andrade

UFAL, Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente
Maceió – Alagoas

Whendel Cezar Silva de Couto

UFAL, Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente
Maceió – Alagoas

Daniel Nivaldo da Conceição

Instituto de Meio Ambiente de Alagoas
Maceió – Alagoas

Alex Nazário Silva Oliveira

Instituto de Meio Ambiente de Alagoas
Maceió – Alagoas

Elizangela Lima de Oliveira

UFAL, Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente
Maceió – Alagoas

RESUMO: Este estudo apresenta uma análise do monitoramento das ocorrências de focos de queimadas nas unidades de conservação e fragmentos remanescentes de vegetação nativa do Estado de Alagoas, referentes aos anos de 2015 e 2016. Fez-se uso dos dados orbitais disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) por meio do Banco de Dados de Queimadas. As análises foram realizadas no software QGIS 2.18, através da função Consulta Espacial. As

informações obtidas nesse processo foram tabuladas em planilhas eletrônicas, as quais permitiram o diagnóstico da realidade das queimadas nos alvos selecionados no território estadual. Os resultados mostraram uma grande incidência de eventos nas faixas pluviométricas que variam de 1.300 a 1.700 mm/ano. Essas regiões concentram as maiores quantidades de remanescentes florestais, sendo os fragmentos de floresta ombrófila e de floresta estacional semidecidual aqueles mais impactados. Em relação às unidades de conservação, as Áreas de Proteção Ambiental (APAs) receberam cerca de 84% dos focos de queimadas no período analisado.

PALAVRAS-CHAVE: Queimadas, Monitoramento, Geoprocessamento.

ABSTRACT: This study shows a monitoring analysis of fire occurrence in protected areas and native vegetation remaining fragments in the State of Alagoas, referring to the years of 2015 and 2016. The orbital data provided by the National Institute of Space Research (INPE) through the Fire Database. The analyzes were performed in the QGIS 2.18 software, through the Spatial Query function. The information obtained in this process was tabulated in electronic spreadsheets, which allowed the diagnosis of the reality of the fires in the selected targets in the state territory. The results

showed a high incidence of events in rainfall ranges from 1,300 to 1,700 mm/year. These regions concentrate the largest amounts of forest remnants, with most impacted fragments of rainforest and semi-deciduous forest. Regarding the conservation units, the Environmental Protection Areas (APAs) received about 84% of the fires in the analyzed period.

KEYWORDS: Fires, Monitoring, Geoprocessing.

1 | INTRODUÇÃO

A queimada ainda é uma prática generalizada no mundo, sobretudo em países em desenvolvimento, mas não exclusivamente neles (RIBEIRO, 2008). Uma das práticas mais comuns ainda hoje no Brasil é o emprego do fogo na agricultura com o propósito de facilitar as operações da colheita (ANTUNES; AZANIA; AZANIA, 2012). No estado de Alagoas as queimadas ocorrem predominantemente, no processo de colheita manual da cana-de-açúcar e como técnica de manejo de pastagens para os rebanhos, além de crimes cometidos contra o patrimônio florestal. Tais práticas ocorrem nas estações mais secas do ano, nos quais se verificam os valores mais baixos de precipitação pluviométrica, que correspondem aos meses de setembro a fevereiro/março. Estão associados à essa prática o aumento da liberação de dióxido de carbono na atmosfera; a destruição de habitats naturais; a erosão e perda da absorção do solo; a extinção de espécies da fauna e flora e a danificação de infraestruturas, como redes elétricas e estradas (OLIVEIRA et al, 2004; MELO et al, 2004). O objetivo do trabalho foi analisar os dados de monitoramento dos focos de queimadas para o Estado de Alagoas, nos anos de 2015 e 2016, visando identificar sua ocorrência e distribuição nos remanescentes de vegetação nativos e em unidades de conservação da natureza, servindo como diagnóstico que auxilie na gestão ambiental do Estado.

2 | CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Localizado no extremo leste da região nordeste do Brasil, o estado de Alagoas é abrangido por dois biomas: Caatinga e Zona da Mata. No primeiro predomina um clima seco, com pouca precipitação pluviométrica, e que junto a fatores pedológicos atuam diretamente na composição de uma vegetação típica de regiões semiáridas, manifestando-se através de arbustos e árvores caducifólias e com espinhos. O solo é majoritariamente ocupado por pastagens voltadas à criação extensiva de caprinos para corte e bovinos leiteiros, e às lavouras de milho, feijão e palma forrageira.

No segundo bioma, verifica-se uma maior concentração da pluviometria, que associada aos Latossolos e Argissolos, abundantes nessa região do Estado, conferem um ambiente propício à existência de uma vegetação de porte mais alto e densa, como as florestas ombrófilas e semidecíduais. Os usos e ocupações mais importantes se devem ao cultivo da cana-de-açúcar e à pastagem destinada ao gado bovino, e, mais recentemente, ganha vulto a cultura de eucalipto nas encostas e topos dos

tabuleiros costeiros.

3 | MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos metodológicos fizeram uso dos dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) através do Banco de Dados de Queimadas (BDQueimadas), disponibilizados através do endereço eletrônico <https://goo.gl/jw4VZb>, que monitora as ocorrências de queimadas para todos os estados Brasileiros através de sensores remotos. Essas informações estão dispostas em estruturas vetoriais, em geometria de pontos, referentes aos registros de ocorrência dos focos de queimadas.

Para este estudo, adotaram-se os dados para Alagoas, relativos aos anos de 2015 e 2016, os quais permitiram a análise espacial mediante a sua interseção com os dados de remanescentes florestais, de unidades de conservação, elaborados pelo Instituto de Meio Ambiente de Alagoas e de precipitação média anual, disponibilizados pela Embrapa Solos, integrante da base de dados do Zoneamento Agroecológico para o Estado de Alagoas.

A plataforma adotada para a realização das análises e consultas espaciais, deu-se por meio do software livre QGIS, versão 2.18. Os dados foram tabulados em planilhas do WPS Office 10.2.

As análises consistiram no uso da técnica de consultas espaciais, através das quais permitiram cruzar as informações dos focos de queimadas que estivessem contidos nas feições das unidades de conservação, dos remanescentes de vegetação nativa e da pluviometria média anual. A partir disso, foi possível quantificar as ocorrências, permitindo uma averiguação espaço-temporal do fenômeno em questão.

Em relação aos dados obtidos pelo grande número de satélites, Jesus e Gama (2014) advertem que os registros são passíveis de erros, tais como a multiplicidade de registros para o mesmo foco e, algumas queimadas não podem ser detectadas; requerendo do pesquisador cautela no uso e aplicações desses dados.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente, constatou-se um leve aumento na quantidade de ocorrências de queimadas entre os anos de 2015 e 2016 (Figuras 1 e 2). Em números absolutos, foram apenas 33 focos a mais no último ano em relação ao primeiro; o qual passou de 6.757 para 6.790 eventos, o que equivale a um acréscimo de 0,49% na quantidade de registros do fenômeno em questão.

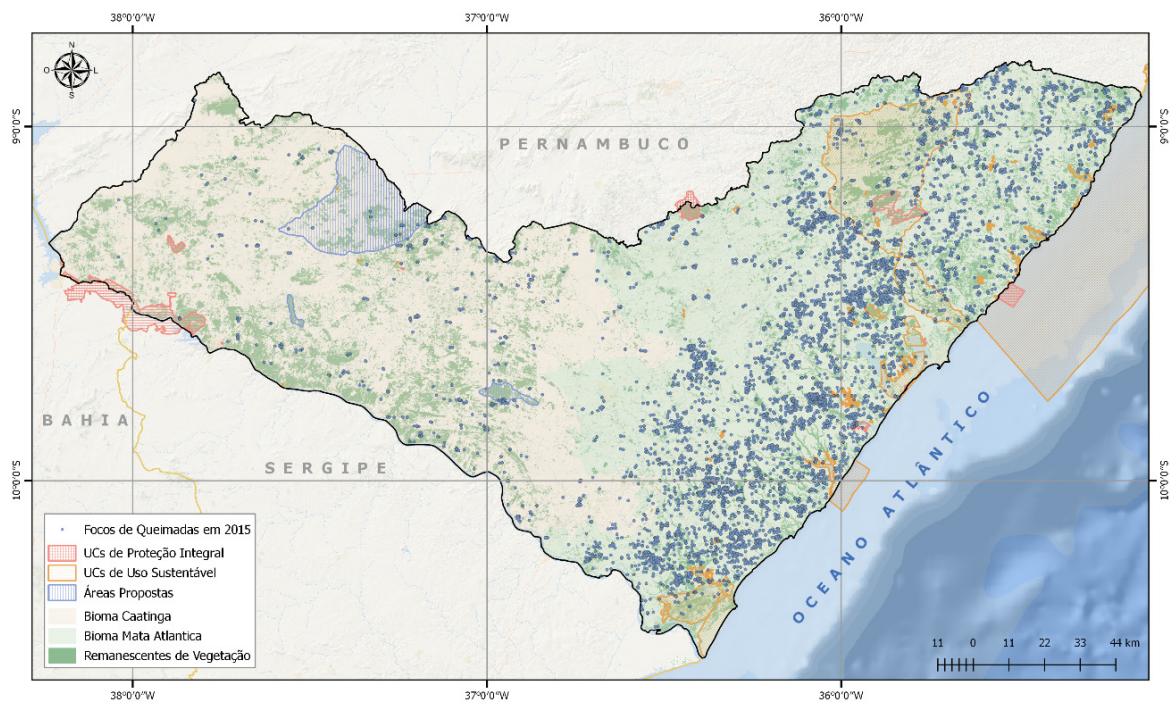


Figura 1 – Focos de Queimadas em 2015

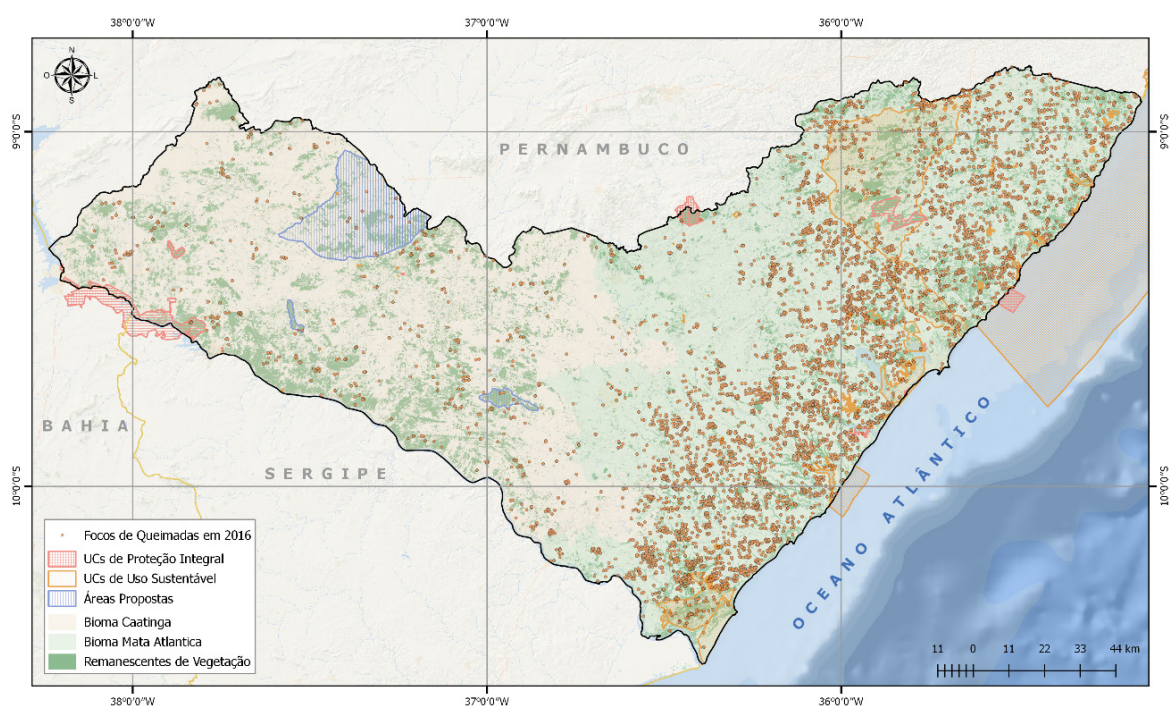


Figura 2 – Focos de Queimadas em 2016

No que se refere à distribuição espacial dos focos de queimadas em relação a pluviometria média histórica anual, verificou-se que cerca de 66% das ocorrências se situaram nas faixas pluviométricas entre 1.300 e 1.700 mm/ano, totalizando 4.421 eventos no ano de 2015 (Figura 3). A cerca dos dados referentes ao ano de 2016, aproximadamente 61% dos episódios, ou seja, 4.160 focos foram registrados nas mesmas faixas pluviométricas (Figura 4).

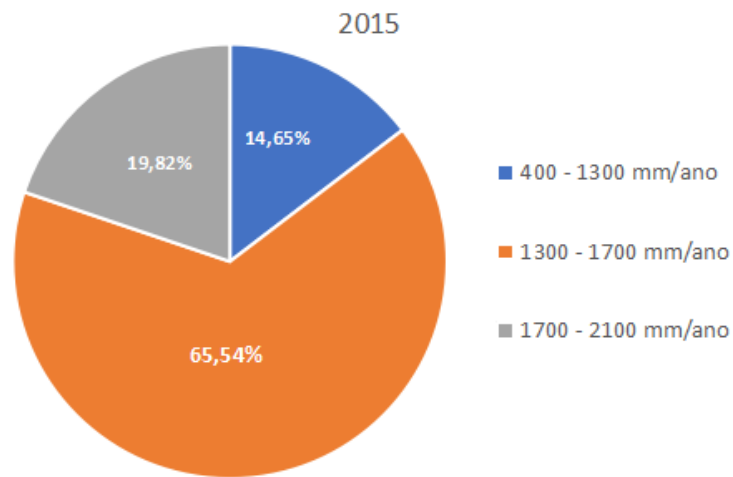


Figura 3 – Distribuição dos focos de queimadas por faixa pluviométrica referente ao ano de 2015.

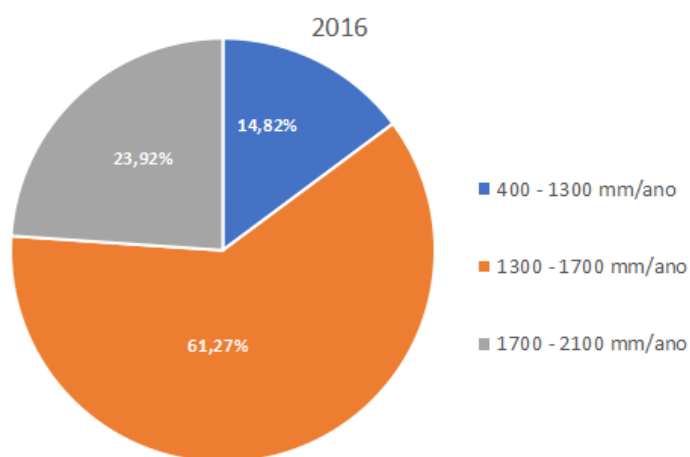


Figura 4 – Distribuição dos focos de queimadas por faixa pluviométrica referente ao ano de 2016.

Outra constatação possível, diz respeito à uma análise mais específica, que traduz de forma mais eficiente a realidade é considerar a distribuição temporal do fenômeno na escala mensal (Figura 5).

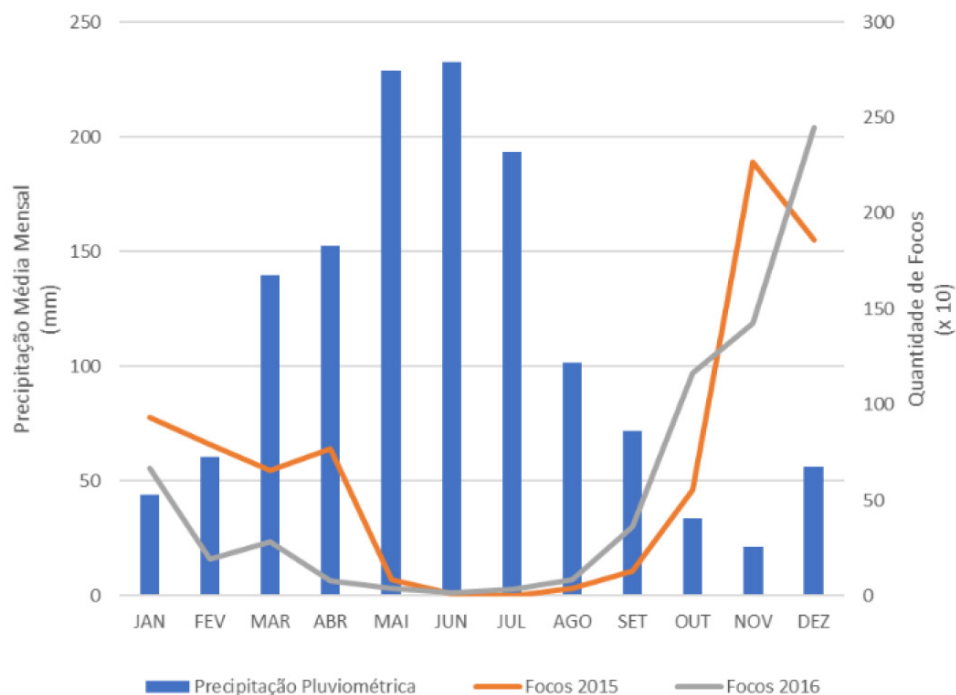


Figura 5 – Relação entre os registros de focos de queimadas e a precipitação pluviométrica média mensal.

Assim, verifica-se que o período compreendido entre os meses de setembro a dezembro é aquele que responde pela maior incidência de focos no período de 12 meses. Fato este que, corresponde ao período de estiagem no Estado e é quando ocorre o início da temporada de colheita da cana-de-açúcar. Os meses de janeiro a abril representam o período de declínio da ocorrência das queimadas. Já os meses de maio a agosto, que corresponde à quadra chuvosa, registram os menores números de eventos de queimadas.

Diante dessas informações, convém mencionar que, em ambos os períodos, cerca de 89% dos eventos ocorreram no bioma Mata Atlântica; fato este, atestado pelos números das tipologias de vegetação afetadas pelas queimadas. Os dois tipos mais impactados foram a floresta ombrófila e a floresta estacional semidecidual, que somadas, representam aproximadamente 78,48% e 73,87%, respectivamente para 2015 e 2016, de todos os focos ocorridos em fragmentos de vegetação (Tabela 1).

| Tipo de Vegetação | 2015 | | 2016 | | Variação | Variação (%) |
|----------------------------|------------|---------------|-------------|---------------|------------|---------------|
| | Registros | % | Registros | % | | |
| Caatinga | 65 | 7,29 | 94 | 9,06 | 29 | +44,62 |
| Cerrado | 2 | 0,22 | 2 | 0,19 | 0 | 0,00 |
| Floresta Est. Semidecidual | 165 | 18,50 | 196 | 18,90 | 31 | +18,79 |
| Floresta Ombrófila | 535 | 59,98 | 570 | 54,97 | 35 | +6,54 |
| Formações Pioneiras | 49 | 5,49 | 81 | 7,81 | 32 | +65,31 |
| Transição Fitoecológica | 76 | 8,52% | 94 | 9,06 | 18 | +23,68 |
| Totais | 892 | 100,00 | 1037 | 100,00 | 145 | +16,26 |

Tabela 1 – Distribuição de queimadas em remanescentes de vegetação para os anos de 2015 e 2016.

No que se refere às Unidades de Conservação (UCs), o Estado de Alagoas dispõe, atualmente, de 64 e mais 3 áreas propostas para reconhecimento; juntas totalizam uma extensão de aproximadamente 3.107,59 km², o que corresponde a 11,19% do território alagoano; sendo 10 de proteção integral e 54 de uso sustentável.

Os eventos ocorridos no interior das UCs correspondem a 493 focos (7,30%) e 605 focos (8,91%) do total registrado para o Estado de Alagoas nos anos de 2015 e 2016, respectivamente, representando um aumento de 112 focos no íterim em questão.

Desses valores, 454 registros, que correspondem a 92,09% e 565 eventos, correspondendo a 93,39% do total de ocorrências nas UCs, respectivamente, afetaram aquelas de categoria de uso sustentável (Tabela 2).

| Unidades de Conservação | Grupos de UCs | 2015 | | | 2016 | | |
|-------------------------|-------------------|------------|-------------|---------------|------------|-------------|---------------|
| | | Registros | % Total | % UCs | Registros | % Total | % UCs |
| Áreas Propostas | Em estudo | 21 | 0,31 | 4,26 | 21 | 0,31 | 3,47 |
| RVS | | 1 | 0,01 | 0,20 | 1 | 0,01 | 0,17 |
| REBIO | | 1 | 0,01 | 0,20 | 3 | 0,04 | 0,50 |
| PAMUN | Proteção Integral | 3 | 0,04 | 0,61 | 3 | 0,04 | 0,50 |
| MONA | | 2 | 0,03 | 0,41 | 4 | 0,06 | 0,66 |
| ESEC | | 5 | 0,07 | 1,01 | 2 | 0,03 | 0,33 |
| RPPN | | 37 | 0,55 | 7,51 | 53 | 0,78 | 8,76 |
| RESEX | Uso Sustentável | 3 | 0,04 | 0,61 | 5 | 0,07 | 0,83 |
| APA | | 414 | 6,13 | 83,98 | 507 | 7,47 | 83,80 |
| RESEC | Sem Grupo | 6 | 0,09 | 1,22 | 6 | 0,09 | 0,99 |
| Subtotal | | 493 | 7,30 | 100,00 | 605 | 8,91 | 100,00 |

Tabela 2 - Distribuição de queimadas em unidades de conservação para os anos de 2015 e 2016.

As categorias de unidades de conservação de uso sustentável que sofreram queimadas no período analisado concentraram-se nas Áreas de Proteção Ambiental (APA), Reservas Extrativistas (RESEX) e Reservas do Patrimônio Particular Natural (RPPN). Dessas, as APAs respondem por cerca de 84% dos focos registrados nas UCs e 6% do total anotado para o Estado.

Já as UCs de categorias de proteção integral afetadas se espessaram no Refúgio de Vida Silvestre (RVS), Reserva Biológica (REBIO), Parques Municipais (PAMUN), Monumento Natural (MONA) e Estação Ecológica (ESEC). Todas elas tiveram ocorrência de queimadas que variaram de 1 a 5 registros em ambas datas, o que correspondem de 0,17% a 1,01% dos focos registrados nas UCs.

De modo geral, percebe-se um sensível aumento de ocorrência de queimadas tanto em remanescentes de vegetação, passando de 892 em 2015 para 1.037 em 2016; quanto em unidades de conservação, partindo de 493 em 2015 para 605 em

2016, em detrimento de uma redução das ocorrências em áreas não analisadas. Isso representa uma variação de +16,26% e +22,72%, respectivamente (Figuras 6 e 7).

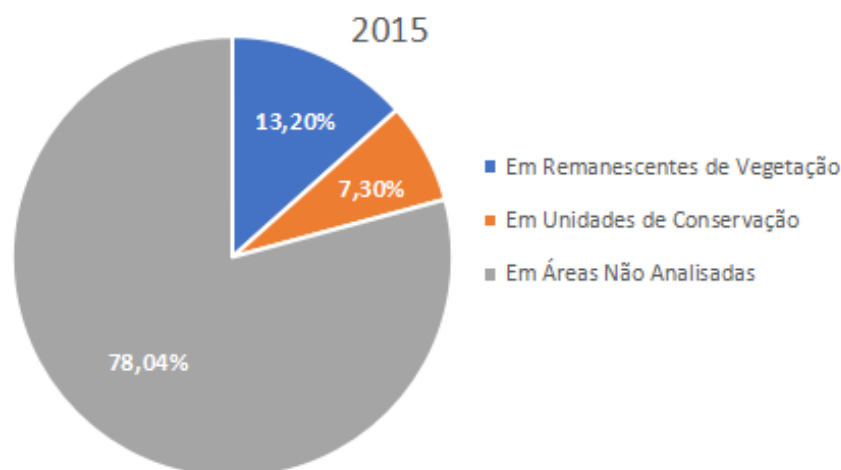


Figura 6 – Distribuição dos focos de queimadas por alvos analisados referente ao ano de 2015.

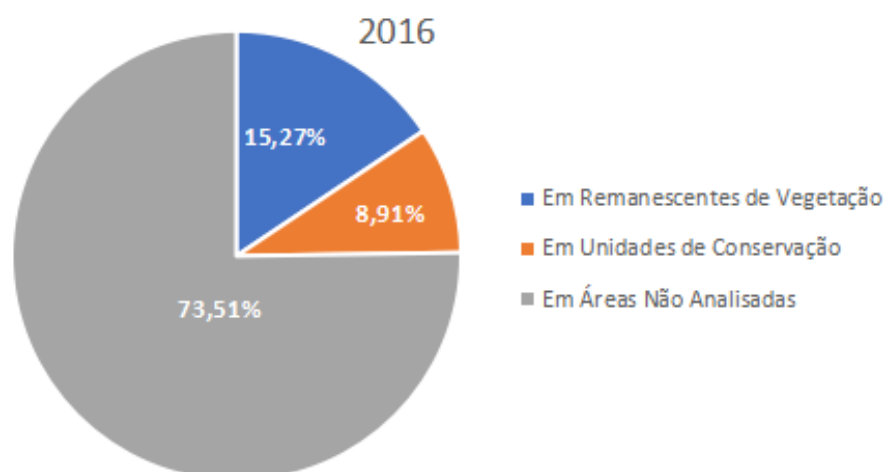


Figura 7 – Distribuição dos focos de queimadas por alvos analisados referente ao ano de 2016.

No entanto, ao analisar, concomitantemente, os dados de queimadas em remanescentes de vegetação em unidades de conservação, constata-se um aumento considerável de 58 eventos (passando de 99 para 157), o que confere uma variação de +58,59% no período estudado.

5 | CONCLUSÃO

Através da obtenção dos dados provenientes de sensores remotos orbitais e da possibilidade de sua manipulação usando Sistemas de Informações Geográficas foi possível verificar que o aumento da ocorrência de queimadas em áreas legalmente protegidas, ou seja, nos remanescentes de vegetação e em unidades de conservação, mostraram-se eficientes no diagnóstico e importantes na compreensão da distribuição espacial das queimadas no Estado de Alagoas, servindo, assim como instrumento de alerta aos órgãos competentes, responsáveis pela gestão ambiental no território

alagoano.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, J. F. G.; AZANIA, C. A. M.; AZANIA, A. A. P. M. **Impactos ambientais das queimadas de cana-de-açúcar**. 2012. Disponível em: <<https://goo.gl/SJMWzh>>. Acesso em: 05 maio 2017.

JESUS, J. B. de; GAMA, D. C. **Deteção dos focos de queimadas no estado de Sergipe através do sensoriamento remoto**. 2014. Disponível em: <<https://goo.gl/USXI7W>>. Acesso em: 01 jun. 2017.

MELO, D. D. V.; SILVEIRA, E. M. O.; DZEDZEJ, M.; PEREIRA, J. A. A. **Diagnóstico rápido participativo no levantamento das causas de incêndios florestais no campus da UFLA**. Revista Floresta, v. 34, n. 2, p. 145-149, 2004.

OLIVEIRA, D. dos S. de; BATISTA, A. C.; SOARES, R. V.; GRODZKI, L.; VOSGERAU, J. **Zoneamento de risco de incêndios florestais para o Estado do Paraná**. Revista Floresta, v. 34, n. 2, p. 217-221, 2004.

RIBEIRO, H. **Queimadas de cana-de-açúcar no Brasil: efeitos à saúde respiratória**. **Revista de Saúde Pública**, [s.l.], v. 42, n. 2, p.370-376, abr. 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0034-89102008005000009>. Disponível em: <<https://goo.gl/eXhWHb>>. Acesso em: 27 maio 2017.

MONITORAMENTO DE IMPACTOS AMBIENTAIS PÓS-IMPLANTAÇÃO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS E AÇÕES CORRELATAS DO ÓRGÃO AMBIENTAL FISCALIZADOR

Poliana Arruda Fajardo

Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana
São Carlos-SP

RESUMO: As ETEs podem gerar impactos ambientais negativos significativos e por isso devem ser submetidas ao licenciamento ambiental com Avaliação de Impacto Ambiental - AIA, da qual uma etapa fundamental é o monitoramento pós-implantação dos empreendimentos. Entretanto, pesquisas tem demonstrado que essa etapa tem sido negligenciada e os estudos de impacto ambiental considerados como entraves burocráticos, com importância somente até a obtenção da Licença de Operação - LO, sendo de fundamental importância as ações dos empreendedores e dos órgãos ambientais fiscalizadores quanto ao monitoramento de impactos ambientais. Assim, o objetivo deste trabalho é abordar aspectos do monitoramento ambiental pós-implantação de uma ETE do estado de São Paulo, com base em seu estudo de impacto ambiental, o Relatório Ambiental Preliminar-RAP, bem como as ações correlatas do órgão ambiental fiscalizador, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB. Como metodologia, foram realizados levantamento bibliográfico, documental e fotográfico; uma visita técnica

à ETE; e entrevistas com os gerentes da ETE e da agência regional da CETESB. Entre os resultados obtidos, destacam-se: o desconhecimento do RAP pela equipe da estação; a ausência de monitoramento de impactos ambientais com base no RAP; a apresentação à CETESB somente de dados do tratamento dos esgotos e de qualidade das águas do corpo receptor; e a constatação de impactos ambientais não previstos no RAP. Considera-se que os resultados obtidos podem subsidiar a utilização e aprimoramento de estudos de impacto ambiental e contribuir para ações mais efetivas de agências ambientais quanto ao monitoramento pós-implantação de ETEs.

PALAVRAS-CHAVE: AIA. Monitoramento Ambiental. Impactos ambientais. Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários. Órgão ambiental fiscalizador.

ABSTRACT: Wastewater Treatment Plants - WWTPs can generate significant negative environmental impacts and must be submitted to Environmental Licensing process with Environmental Impact Assessment - EIA, of which a fundamental step is the post-project monitoring. However, have identified that this stage has been neglected and the environmental impact studies have been considered as bureaucratic obstacles, whose importance ends

in the granting of the Operation License - OL, being of fundamental importance the actions of the entrepreneurs and environmental agencies, regarding the monitoring of environmental impacts. Thus, the objective of this paper is to address aspects of environmental post-project monitoring of a WWTP in São Paulo state, based on its environmental impact study, the Preliminary Environmental Report - PER, as well as the actions of the environmental agency, the of São Paulo State Environmental Company-CETESB. As a methodology, a bibliographic and documentary survey was carried out and a technical visit was made to the WWTP, as well as getting photographic material, and interviews were also held with the WWTP and environmental agency managers. Among the results obtained, the most noteworthy are: the lack of knowledge of the WWTP PER the station's staff; the absence of post-project monitoring based on PER; the presentation to CETESB of only data on the wastewater treatment and on the quality of the river; and the verification of environmental impacts not foreseen in the PER. It is considered that the results can subsidize the use and improvement of environmental impact studies and contribute to more effective actions of environmental agencies regarding the post- project monitoring of WWTPs.

KEYWORDS: EIA. Environmental monitoring. Environmental impacts. Wastewater Treatment Plants. Environmental agency.

1 | INTRODUÇÃO

As Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários estão entre os empreendimentos que devem ser submetidos ao licenciamento ambiental com Avaliação de Impacto Ambiental no Brasil, devido ao seu potencial de gerar impactos ambientais negativos significativos.

Uma etapa fundamental da AIA é o monitoramento pós-implantação dos empreendimentos, pois reforça a importância e confere sentido à existência de seu principal instrumento, o Estudo de Impacto Ambiental. Afinal, não há sentido em se realizar um estudo para previsão de impactos ambientais se esse não for utilizado posteriormente na gestão ambiental de empreendimentos como as ETEs.

Além disso, há a possibilidade de que impactos ambientais negativos não previstos nos estudos de impacto ambiental ocorram, o que exige ações adequadas de mitigação dos empreendimentos, para as quais as atividades de monitoramento ambiental são, portanto, fundamentais.

No entanto, pesquisas em vários países, inclusive no Brasil, têm identificado que a etapa de monitoramento ambiental pós-implantação de empreendimentos de diversos ramos de atividade tem sido negligenciada e os estudos de impacto ambiental considerados como entraves burocráticos, cuja importância termina na concessão da Licença de Operação-LO. Entre esses trabalhos, podem-se citar: Glasson e Salvador (2000), Dias (2001), Munno (2005), Nadeem e Hameed (2008), Santos (2011), Pölonen, Hokkanen e Jalava (2011), Panigrahi e Amirapu (2012) e GWIMBI e NHAMO (2016).

A pesquisa de Dias (2001), por exemplo, teve como foco atividades de mineração

do estado de SP, com a análise também da atuação dos órgãos competentes na fase de acompanhamento para garantir a correta implementação de projetos e programas de gerenciamento ambiental. A autora constatou: falhas na implementação dos projetos, devido a deficiências na fiscalização dos órgãos competentes para o cumprimento das exigências estabelecidas nos estudos de impacto ambiental; a existência de problemas com a consideração de medidas mitigadoras por parte dos empreendedores; e a condução de programas de monitoramento somente para atender a exigências formais e para a elaboração de relatórios - tidos pelos empreendedores como burocráticos e ineficientes - que seriam submetidos aos órgãos ambientais .

Pesquisa semelhante foi efetuada por Munno (2005). A autora realizou um estudo do processo de AIA no estado de São Paulo, com ênfase na fase de monitoramento pós-implantação dos empreendimentos. Avaliou a frequência com que o monitoramento era realizado; os métodos utilizados, sua eficiência e pontos fracos; e as dificuldades de operacionalização do sistema.

Apesquisa constatou que o monitoramento pós-implantação dos empreendimentos não era realizado na maioria dos casos analisados e que o processo apresentava falhas como: falta de comprometimento dos empreendedores com a qualidade ambiental e a sustentabilidade; falta de estrutura dos órgãos ambientais; e a burocratização e a conseqüente lentidão do processo. Munno (2005) ressalta que a insuficiência de monitoramento pode levar o processo de AIA ao descrédito e a ser considerado apenas mais um entrave burocrático no Brasil.

Já Santos (2011) realizou um estudo cujo foco foi a agência ambiental fiscalizadora da Bahia. Foram analisados os desafios e as barreiras encontrados pelo órgão ambiental em aplicar uma metodologia de avaliação da efetividade da etapa de acompanhamento da AIA.

A autora constatou: a ausência sistemática do acompanhamento ambiental de empreendimentos submetidos à AIA no estado, incluindo-se aqui as atividades de monitoramento pós-implantação; a conseqüente indisponibilidade de elementos para confrontar com os dados apresentados pelos empreendedores; e a baixa capacidade operacional, ausência de estrutura e recursos adequados do órgão ambiental fiscalizador.

A pesquisa de Santos (2011) constatou também que havia àquela época uma análise pontual dos relatórios de automonitoramento dos empreendedores, cuja ocorrência se dava geralmente apenas na renovação da Licença de Operação - LO -, e atribuiu este fato ao elevado número de empreendimentos a serem fiscalizados, à extensão territorial do estado e ao quadro efetivo reduzido da instituição, que limitam as ações de fiscalização.

Sob essa perspectiva assumem grande importância as ações dos empreendedores quanto ao monitoramento de impactos ambientais, bem como as ações dos órgãos ambientais fiscalizadores, responsáveis pelo acompanhamento desse monitoramento. Assim, o objetivo deste trabalho é abordar aspectos do monitoramento

ambiental pós-implantação de uma ETE do interior do estado de São Paulo, com base em seu estudo de impacto ambiental, o Relatório Ambiental Preliminar-RAP, bem como as ações correlatas do órgão ambiental fiscalizador, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB, para o acompanhamento do monitoramento pós-instalação dessa estação. Para preservar sua identidade, como foi inclusive solicitado por sua gerência, a estação será referida neste trabalho somente como “ETE”.

2 | METODOLOGIA

Para a concretização deste trabalho, foram efetuados levantamentos bibliográfico e documental e uma visita técnica à ETE para o conhecimento e registro de observações do processo de tratamento. Durante a visita, realizou-se o levantamento de materiais fotográficos como auxílio à coleta, interpretação e análise dos dados e uma entrevista com o gerente da ETE. A gerência da agência regional da CETESB, responsável por ações de fiscalização na estação, também foi entrevistada.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ETE objeto de estudo deste trabalho é administrada por uma autarquia municipal e atende a uma população de cerca de 600 mil habitantes. O tratamento de esgoto sanitário realizado nessa estação apresenta as seguintes etapas: tratamento preliminar (gradeamentos grosseiro e fino, desarenação), com estação elevatória de esgoto bruto; tratamento primário (digestão anaeróbia por reatores de manta de lodo e fluxo ascendente - UASB); tratamento secundário (sistema de lodos ativados); desinfecção do efluente final com cloro; pós-aeração do efluente tratado por meio de um sistema de aeração. O lodo proveniente dos reatores UASB é desidratado por meio de centrifugação e o gás metano (CH_4) produzido por suas reações anaeróbias é direcionado para queimadores do tipo flare.

Para o processo de licenciamento com AIA da ETE foi elaborado um RAP, conforme o disposto em Resolução da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo - SMA N° 49/2014 (SÃO PAULO, 2014), no qual consideraram-se as seguintes fases do ciclo de vida da estação: planejamento; implantação; operação e desativação. Os impactos referentes à desativação da estação não foram analisados no estudo, devido ao horizonte de funcionamento da ETE, que deverá ser estendido com a ampliação do sistema e/ou incorporação de novas tecnologias (FIPAI, 2002). Os impactos ambientais foram classificados por meio de *checklists*.

Entre os resultados obtidos com as entrevistas realizadas na ETE quanto ao RAP, destacam-se: o desconhecimento do RAP da ETE pela gerência e restante da equipe da estação; a consideração pela gerência de que o RAP é um “documento do passado”, cuja importância resume-se à obtenção da LO; a ausência do monitoramento de impactos ambientais com base no RAP; a apresentação à CETESB somente de

dados do tratamento do esgoto sanitário e da qualidade das águas do corpo receptor; a constatação de impactos ambientais não previstos no RAP; a contradição entre a administração da ETE e a CETESB quanto às exigências relativas ao monitoramento ambiental e às visitas realizadas pela agência na estação; e a insuficiência de vontade política para a implementação de projetos de melhoria e resolução de problemas.

A gerência da ETE não conhecia o RAP e não havia uma cópia do documento na estação ou em outros locais do serviço autônomo responsável por sua administração. O estudo não é utilizado, portanto, para nenhuma função e não há sua socialização com o restante da equipe, que também não o conhece, conseqüentemente. A gerência apontou que a alta quantidade de atividades cotidianas na ETE impossibilita a busca por “documentos do passado, como o RAP”, embora tenha considerado uma falha a inexistência de um arquivo com documentos correlatos, como o RAP.

O RAP da ETE não é utilizado como auxílio à solução e/ou minimização de problemas operacionais; o documento utilizado para esta finalidade é a LO, considerada suficiente para esse objetivo por se basear no RAP. A gerência considera que o RAP é um documento elaborado somente para a implantação da ETE, sendo importante apenas para a obtenção da LO, não para o gerenciamento da estação.

O RAP também não é utilizado para o monitoramento de impactos ambientais previstos com a operação da estação e não há nenhum plano ou programa específico para isso. A gerência reforçou que a equipe da estação segue unicamente as exigências da LO, atendendo ao Programa de Atendimento a Emergências - PAE, ao Programa de Gerenciamento de Riscos - PGR e às exigências dos Termos de Compromisso de Recuperação Ambiental - TCRAs, constantes na licença.

Cotidianamente, o monitoramento ambiental realizado na ETE refere-se exclusivamente ao tratamento do esgoto sanitário, com a verificação do atendimento aos padrões de lançamento de efluentes e de qualidade do corpo receptor, conforme exigido pelo Decreto Estadual Nº 8468/76 (SÃO PAULO, 1976) e Resoluções CONAMA 357/2005 e 430/ (BRASIL, 2005; BRASIL, 2011, respectivamente).

Em relação ao tratamento, são monitorados, portanto, essencialmente os parâmetros físicos, químicos e biológicos do esgoto sanitário, como: vazão, demanda bioquímica de oxigênio - DBO, demanda química de oxigênio - DQO, oxigênio dissolvido - OD, sólidos, pH, total Kjeldahl - NTK, fósforo, coliformes fecais, entre outros. Para o monitoramento do corpo receptor, são realizadas coletas de amostras à montante e à jusante do ponto de lançamento do efluente tratado, uma ou duas vezes por semana. São monitorados parâmetros como: OD, amônia, cor, turbidez e autodepuração do rio. Não há biomonitoramento do rio, nem parcerias com universidades ou outras instituições para sua realização.

Os impactos ambientais previstos no RAP da ETE foram classificados quanto a (FIPAI, 2002): Qualificação (negativo ou positivo), Reversibilidade (reversível ou irreversível), Probabilidade de Ocorrência (baixa, média ou alta), Intensidade (baixa, média ou alta).

Diante desses critérios, foram previstos para as fases de planejamento, implantação e operação da ETE 17 impactos ambientais - sete para a fase de operação (Quadro 1).

No entanto, embora a coleta de dados desta pesquisa tenha constatado que alguns dos impactos demonstrados no Quadro 1 ocorreram efetivamente, outros, não previstos, ocorreram ou foram identificados como passíveis de ocorrência (Quadro 2).

| IMPACTOS AMBIENTAIS POTENCIAIS (RAP) | |
|--------------------------------------|--|
| OPERAÇÃO | Emanação de odores |
| | Disposição dos resíduos gerados na ETE |
| | Qualidade dos corpos d'água da região |
| | Qualidade de vida da população na bacia hidrográfica |
| | Geração de empregos permanentes |
| | Poluição das águas do corpo receptor devido à falha na EEE |
| | Risco de contaminação do lençol pelo percolado do aterro |

Quadro 1- Impactos ambientais identificados no RAP para a fase de operação da ETE.

Fonte: Autora (2018). Modificado de FIPAI (2002). Em verde: impactos previstos pelo RAP da ETE que ocorreram. Em laranja: impactos previstos pelo RAP da ETE que não ocorreram. EEE - Estação Elevatória de Esgoto bruto.

| IMPACTOS AMBIENTAIS POTENCIAIS (IDAS A CAMPO) | |
|---|---|
| OPERAÇÃO | Doenças causadas pela presença de patógenos |
| | Esgotamento de recursos naturais não renováveis (utilização de energia elétrica) |
| | Conservação de recursos naturais não renováveis (utilização da água de reuso) |
| | Poluição do ar, contribuição para o aquecimento global e risco de explosão (emissão de gás metano-CH ₄) |
| | Eutrofização nos decantadores |
| | Risco de explosão pela utilização de gás cloro (Cl ₂) |

Quadro 2 - Impactos ambientais não previstos da fase de operação da ETE que ocorreram ou podem ocorrer.

Fonte: Autora (2018). Em amarelo: impactos não previstos pelo RAP da ETE que ocorreram. Em lilás: impactos não previstos pelo RAP da ETE que não ocorreram.

Como não há um plano, programa, auditoria ou supervisão na ETE referente ao monitoramento de impactos ambientais com base no RAP, também não há nenhum documento sobre os impactos ambientais eventualmente encontrados na estação, como relatórios, por exemplo.

Segundo a gerência da ETE, a CETESB não solicita documentos relativos aos impactos ambientais encontrados, mas somente dados quanto ao monitoramento de parâmetros físicos, químicos e biológicos, em concordância com as Resoluções CONAMA N° 357/2005 e CONAMA N° 430/2011, bem como com o Decreto Estadual N° 8468/76. Durante a renovação da LO da ETE, em 2016, segundo sua gerência, todos os documentos solicitados pela CETESB referiam-se especificamente ao tratamento

do esgoto sanitário - nenhum sobre eventuais impactos ambientais.

Este fato talvez esteja relacionado à ausência no Brasil de dispositivos legais que tornem obrigatória a realização do monitoramento de impactos ambientais, como também constataram em suas pesquisas Glasson, Therivel e Chadwick (1999), Dias e Sanchez (2001), Munno (2005), Noble e Storey (2005) e Ahammed e Nixon (2006).

A Lei Estadual N° 13.542/2009 (estado de São Paulo), por exemplo, em seu Artigo 2º, estabelece que a CETESB tem a responsabilidade pelo monitoramento ambiental, mas não torna esse monitoramento obrigatório para a etapa posterior à implantação dos empreendimentos que devem ser fiscalizados pelo órgão. O foco da lei é o monitoramento da qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, ar e solo, mas o monitoramento de impactos ambientais não é considerado, o que vai ao encontro do que se constatou neste trabalho.

Segundo a gerência da CETESB, as atividades de auditoria do órgão na ETE em relação ao monitoramento ambiental resumem-se ao período de renovação da LO e no caso da ocorrência de impactos ambientais. Em relação à frequência de visitas do órgão à ETE, no entanto, a gerência da CETESB afirmou que, “no caso de empreendimentos prioritários como o é a estação, em condição normais e sem nenhuma ocorrência específica, as visitas ocorrem ao menos três vezes ao ano, aumentando somente em casos de poluição ambiental”.

De acordo com a gerência da ETE e o funcionário que conduziu a visita técnica, todavia, a estação não recebe visitas frequentes da CETESB, nem mesmo para a verificação de aspectos relacionados ao tratamento. Ambos destacaram que as visitas ocorrem somente quando há denúncias de impactos no corpo receptor.

A gerência da estação considera que a CETESB esteja mais estruturada do que outros órgãos ambientais do país, mas que talvez seja insuficiente para dar suporte à realização do monitoramento de impactos ambientais. Apontou ainda a necessidade de inserção desse monitoramento na cultura brasileira para facilitar a realização do processo e ressaltou a ausência de recursos humanos, equipamentos, treinamentos e capacitações na estação para que esse monitoramento seja realizado.

No caso da ETE pesquisada, havia três projetos de gestão de resíduos: um para secagem do lodo e utilização em caldeira para a transformação de energia térmica em elétrica; outro para reaproveitamento do biogás, também para a produção de energia elétrica; e um terceiro para o reaproveitamento de lodo como adubo para agricultura.

Atualmente, esses projetos estão parados e um fator destacado como motivo para isso foi a falta de vontade política, embora melhorias tenham sido verificadas pela equipe da estação. Segundo a gerência da agência regional da CETESB pesquisada, a equipe da ETE é qualificada e a estação bem operada, mas há obstáculos, como uma limitação de gestão, orçamento e de vontade política, “aspectos que infelizmente ocorrem na gestão pública”. A questão, portanto, da vontade política foi citada tanto pela gerência da CETESB quanto por funcionários da ETE.

4 | CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho demonstram a necessidade do contato da equipe da ETE com o RAP da estação, não somente para conhecimento dos aspectos abordados, mas também para utilizá-lo como auxílio a um monitoramento ambiental frequente de impactos ambientais e na gestão ambiental da estação.

Além disso, é preciso que haja auditorias, visitas e outras ações correlatas da agência regional da CETESB na estação que não se restrinjam a períodos de renovação da LO ou ao acompanhamento de situações pontuais de poluição/contaminação ambientais. A fiscalização, o suporte e a exigência de relatórios por parte da CETESB para as atividades de monitoramento de impactos da ETE são importantes para que se constate a ocorrência ou não de impactos ambientais previstos no RAP - pois como afirma Sánchez (2013), esses são hipóteses que podem ser comprovadas somente após a implantação dos empreendimentos - e também para a constatação de impactos não previstos no estudo, como foi verificado neste trabalho.

Entretanto, há que se ressaltar que a CETESB também necessita de recursos humanos, financeiros e de treinamento para desempenhar tais atividades. Desta maneira, é importante o auxílio de instâncias governamentais, que também podem contribuir de modo mais efetivo com a gestão ambiental das estações, como no caso da continuidade dos projetos da ETE para a destinação de resíduos.

O automonitoramento, a ser previsto em estudos de impacto ambiental como o RAP, e auditado por amostragem aleatória do órgão ambiental competente, também pode auxiliar na viabilização do adequado processo de monitoramento de ETEs.

Os resultados obtidos neste trabalho podem, portanto, subsidiar a utilização, o aprimoramento e a elaboração de futuros estudos de impacto ambiental, bem como de seus respectivos planos de monitoramento, além de contribuir para ações mais efetivas de agências ambientais quanto ao monitoramento pós-implantação de ETEs.

REFERÊNCIAS

AHAMMED, A. K. M. R.; NIXON, B. M. Environmental impact monitoring in the EIA process of South Australia. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 26, p. 426–447, 2006. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S019592550500123X>>. Acesso em: 10 dez. 2018.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Disponível em: < <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2018.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 16 maio. 2011. Disponível em: < <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 10 dez. 2018.

DIAS, E. G. C. S. **Avaliação de impacto ambiental de projetos de mineração no Estado de São Paulo: a etapa de acompanhamento.** 2001. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

DIAS, E.G.C.S.; SANCHEZ, L.E., 2001. Deficiências na implementação de projetos submetidos à avaliação de impacto ambiental no Estado de São Paulo. **Revista de Direito Ambiental**, v.6, n. 23, p.163-204.

FIPAI - Fundação para o Incremento da Pesquisa e do Aperfeiçoamento Industrial. **Relatório Ambiental Preliminar** - Estação de Tratamento de Esgotos Sanitários, São Paulo, 2002.

GLASSON, J.; SALVADOR, N. N. B. EIA in Brazil: a procedures–practice gap. A comparative study with reference to the European Union, and especially the UK. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 20, p. 191-225, 2000.

GLASSON, J., THERIVEL, R., CHADWICK, A. **Introduction to Environmental Impact Assessment.** 2 ed. Londres: UCL Press Ltd. 1999.

GWIMBI, P.; NHAMO, G. Translating mitigation measures proposed in environmental impact statements into planning conditions: Promises and practices by multinational platinum mining firms along the Great Dyke of Zimbabwe. **Environmental Science & Policy**, v. 57 p. 10-21, 2016.

MUNNO, C. M. **Análise do monitoramento** pós estudo de impacto ambiental no Estado de São Paulo. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2005.

NADEEM, O.; HAMEED, R. **Evaluation of environmental impact assessment system in Pakistan.** *Environmental Impact Assessment Review*, v. 28, p. 562–571, 2008.

NOBLE, B.; STOREY, K. Towards increasing the utility of follow-up in Canadian. **Environmental Management**, v. 25, p. 163–180, 2005. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195925504000770>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

PANIGRAHI, J. K.; AMIRAPU, S. An assessment of EIA system in India. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 35, p. 23-36, 2012.

PÖLÖNEN, I.; HOKKANEN, P.; JALAVA, K. The effectiveness of the Finnish EIA system - What works, what doesn't, and what could be improved? **Environmental Impact Assessment Review**, v. 31, p. 120-128, 2011.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos.** 2. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2013. 583 p.

SANTOS, J. O. **A etapa de acompanhamento na AIA: análise das barreiras e desafios à sua implementação no Estado da Bahia.** 126 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) - Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia. Salvador-BA, 2011.

SÃO PAULO. Decreto Estadual nº 8468, de 8 de setembro de 1976. Aprova o Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo**, São Paulo, SP, 9 setembro de 1976. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1976/decreto-8468-08.09.1976.html>>. Acesso em: 10 jul. 2017.

SÃO PAULO. Lei nº 13.542, de 8 de maio de 2009. Altera a denominação da CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental e dá nova redação aos artigos 2º e 10 da Lei nº 118, de 29 de junho de 1973. **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo**, São Paulo, SP, 9 maio de 2009.

Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2009/lei-13542-08.05.2009.html>>.
Acesso em: 10 jul. 2018.

SÃO PAULO. SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE. CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Resolução SMA nº 49, de 28 de maio de 2014. Dispõe sobre os procedimentos para licenciamento ambiental com avaliação de impacto ambiental, no âmbito da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB. **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo**, São Paulo, SP, 29 maio 2014. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/legislacao/resolucoes-sma/resolucao-sma-49-2014/>>. Acesso em: 6 set. 2018.

OSCILADOR HARMÔNICO: MODELO PARA A DESCRIÇÃO DE SISTEMAS FÍSICOS EM EQUILÍBRIO ESTÁVEL SOFRENDO PEQUENAS OSCILAÇÕES

Pedro Henrique Ferreira de Oliveira

Universidade Federal do Ceará
Fortaleza – Ceará

João Philipe Macedo Braga

Universidade da Integração Internacional da
Lusofonia Afro-Brasileira
Acarape – Ceará

RESUMO: Quais as relações entre uma molécula, um pêndulo, uma conta em um fio e um líquido dentro de um tubo? A priori estes quatro sistemas parecem ser totalmente desvinculados um do outro, no entanto carregam no âmago de seu movimento algo em comum, há um modelo descritivo que abrange todos estes quatro, sob determinadas condições. A Matemática que nos possibilitou estudar e correlacionar estes problemas variados foi a Série de Taylor, instrumento matemático que possibilita aproximar a função energia potencial como um polinômio em torno do centro do movimento para pequenas oscilações. O objetivo deste capítulo, é discutir o poder de descrição de diversos sistemas físicos distintos do oscilador harmônico simples. A conclusão obtida é de que qualquer sistema físico em equilíbrio estável sofrendo pequenas oscilações é um oscilador harmônico, o que torna esse modelo fundamental para a compreensão de vários fenômenos na natureza. Desse modo, o presente trabalho

busca contribuir para um ensino de física mais contextualizado consolidando assim um arranjo no âmbito da pesquisa em Ensino de Física, tendo ainda o potencial para ser empregado como material complementar em cursos de Física e/ou Ciências correlatas em nível de graduação e pós-graduação.

PALAVRAS-CHAVE: Oscilador Harmônico. Teoria das pequenas oscilações. Ensino de Física.

HARMONIC OSCILLATOR: MODEL FOR THE DESCRIPTION OF PHYSICAL SYSTEMS IN STABLE EQUILIBRIUM SUFFERING SMALL OSCILLATIONS

ABSTRACT: What are the relationships between a molecule, a pendulum, a bead in a wire and a liquid inside a tube? A priori these four systems seem to be totally unrelated to each other, yet carry at the heart of their movement something in common, there is a descriptive model that covers all these four, under certain conditions. The Mathematics that enabled us to study and correlate these varied problems was the Taylor Series, a mathematical tool that makes it possible to approximate the potential energy function as a polynomial around the center of the motion for small oscillations. The purpose of this chapter is to discuss the power of description of several different physical systems of the simple

harmonic oscillator. The conclusion obtained is that any physical system in stable equilibrium undergoing small oscillations is a harmonic oscillator, which makes this model fundamental to the understanding of various phenomena in nature. Therefore, the present work seeks to contribute to a more contextualized physics teaching, thus consolidating an arrangement within the scope of research in Physics Teaching, besides have the potential to be used as complementary material in Physics and/or related Sciences courses at undergraduate and postgraduate level.

KEYWORDS: Harmonic Oscillator. Theory of small oscillations. Teaching Physics.

1 | INTRODUÇÃO

Dentre todos os tipos de movimento presentes na natureza, os oscilatórios ganham certo destaque por surgirem em um número muito grande de situações físicas aparentemente distintas. Exemplos de oscilações vão desde pêndulos e candelabros até instrumentos musicais como a guitarra elétrica (NUSSENZVEIG, 2014). Seguindo o curso da história um dos primeiros a estudar analiticamente o problema do oscilador e, com isso, resolver sua equação de movimento foi o físico e matemático Euler (BASSALO; CATTANI, 2009).

O Movimento Harmônico Simples em uma dimensão é um dos mais simples e icônicos problemas da Física (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2013) trabalhado, inclusive no Ensino Médio (MÁXIMO; ALVARENGA; GUIMARÃES, 2016; GASPAR, 2016), onde o sistema massa-mola representa um verdadeiro desafio em provas de Física.

Mas afinal, qual a relevância de se estudar o movimento de uma massa cujo movimento é restrito à uma mola se aparentemente quase ninguém se depara com um sistema como esse no seu dia-a-dia? Certamente esse questionamento já passou ao menos uma vez na cabeça de todos quando são introduzidos a este problema sem uma devida contextualização de sua relevância. O Oscilador Harmônico é, possivelmente, o problema mais importante do movimento unidimensional (WATARI, 2004).

Nessa perspectiva o presente trabalho tem como objetivo realizar uma análise crítica e ao mesmo tempo didático-pedagógica de quatro sistemas onde não há necessariamente massas fixas à molas de determinada constante elástica, sendo então de grande importância para a compreensão da teoria de pequenas oscilações, consolidando assim um arranjo no âmbito da pesquisa em Ensino de Física nessa temática, tendo potencial para ser empregado como material auxiliar em cursos em nível de graduação e pós-graduação. Na próxima seção, faremos uma revisão da teoria básica do oscilador harmônico clássico unidimensional. Na terceira seção desse capítulo, estudaremos quatro sistemas físicos distintos sofrendo pequenas oscilações. Por fim, na seção 4, traremos nossas conclusões.

2 | OSCILADOR HARMÔNICO: UMA REVISÃO CLÁSSICA

O primeiro contato que se tem com osciladores harmônicos nas escolas ou nas universidades é inicialmente rudimentar, no qual estuda-se um problema simples unidimensional, denominado sistema massa-mola (Fig. 1).

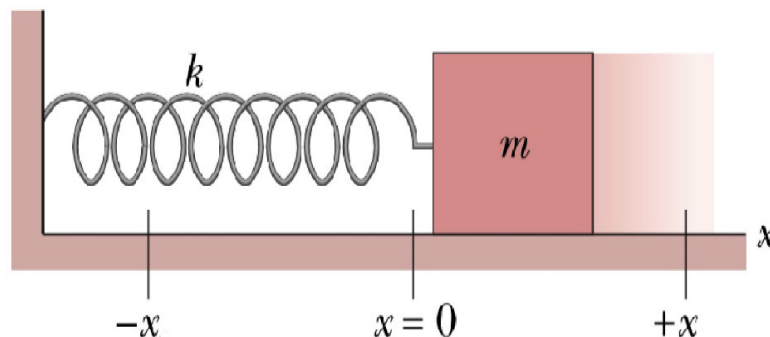


Figura 1. Sistema massa-mola usualmente trabalhado no ensino médio, no qual um bloco de massa tem seu movimento restrito no intervalo por uma mola de constante elástica .

Fonte: (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2013).

Neste caso, para uma deformação (alongação ou compressão) por um fator a partir da posição de equilíbrio, há o surgimento de uma força restauradora que depende (neste caso) unicamente da posição [3], dada pela Lei de Hooke,

$$F(x) = -kx, \quad (01)$$

onde k é uma constante que depende das propriedades da mola envolvida. Com o surgimento dessa força restauradora unicamente dependente da posição, é possível associar a ela uma energia potencial elástica uma vez que, para campos conservativos,

$$F(x) = -\frac{dV(x)}{dx}, \quad (02)$$

impondo que a energia potencial seja dada por

$$V(x) = -\int_{x_0}^x F(x) dx, \quad (03)$$

desse modo a energia potencial elástica, tomando a posição (a posição é totalmente arbitrária, podendo ser tomada, por exemplo, no ponto que zera a função) como sendo a posição de equilíbrio na origem do sistema de coordenadas, temos que

$$V(x) = \frac{1}{2} kx^2. \quad (04)$$

Note que a expressão acima impõe uma energia potencial parabólica (Fig. 2) (WATARI, 2004), onde uma partícula com determinado limiar de energia só poderá se mover em uma determinada amplitude (neste caso constante), em um movimento oscilatório (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2013).

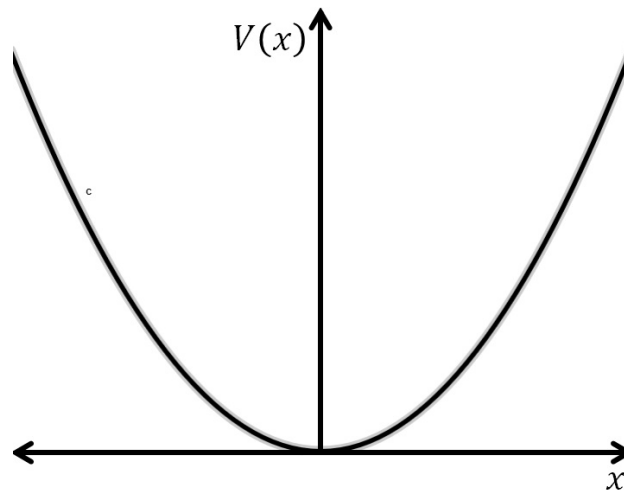


Figura 2. Potencial elástico $V(x) = kx^2/2$.

Fonte: Elaborado pelos autores desse trabalho.

Para nos convenceremos um pouco mais sobre o movimento é possível escrever uma expressão que contenha todas as informações sobre a partícula (NUSSENZVEIG, 2014). Mecanicamente é o Princípio Fundamental da Dinâmica que nos permite obter isto, uma vez que

$$F_R = m \frac{d^2x}{dt^2} \equiv m\ddot{x}, \quad (05)$$

onde F_R é a soma das forças resultantes que atuam sobre o sistema, para este caso é apenas a força restauradora da mola que faz o sistema se mover e, portanto

$$\ddot{x} + \omega^2 x = 0, \quad (06)$$

onde $\omega := \sqrt{k/m}$, é a frequência angular do movimento, a partir dela podemos calcular a frequência f como a razão $\omega/2\pi$. A expressão acima é uma Equação Diferencial Ordinária de Segunda Ordem Homogênea Linear com Coeficientes Constantes, que dadas duas condições iniciais impõe uma solução única e, com isto, a determinação total da partícula como uma função do tempo (passado e futuro)

(SYMON, 1982). A EDO expressa na equação (06) é facilmente resolvida, como uma combinação linear de senos e cossenos (BASSALO; CATTANI, 2009), de modo que

$$x(t) = A \cos(\omega t) + B \sin(\omega t) \equiv A \sin(\omega t + \varphi), \quad (07)$$

onde A e B são parâmetros determinados pelas condições de contorno e pelos valores iniciais, isto é $x(t_0) = x_0$ e $\dot{x}(t_0) = v_0$.

Agora a grande dúvida reside sobre o porquê de um sistema, relativamente simples, ser imbuído como modelo central para todo um formalismo. Note então que, caso um sistema possa ser descrito unicamente como função da posição, é possível estabelecer para o mesmo, uma função potencial (KITELL; KNIGHT; RUDERMAN, 1973), de modo que $V = V(x)$, contudo isto por si só não abre oportunidades para uma generalização de muitos sistemas à uma mesma abordagem.

Analisemos, portanto, uma função potencial analítica e arbitrária da posição, através de uma Série de Taylor, a qual é dada matematicamente para uma função $f(x)$ qualquer, como sendo

$$f(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{D^{(n)}f(x)}{n!} \Big|_{x=x_0} (x - x_0)^n, \quad (08)$$

Onde $D^{(n)}$ representa a n -ésima derivada de $f(x)$ em relação à x . Assim sendo, o potencial é escrito como

$$V(x) = V(x_0) + \frac{dV(x)}{dx} \Big|_{x=x_0} (x - x_0) + \frac{1}{2} \frac{d^2V(x)}{dx^2} \Big|_{x=x-x_0} (x - x_0)^2 + \dots \quad (09)$$

neste caso tomemos agora algumas considerações. Seja o sistema físico tomado em equilíbrio estável sofrendo pequenas oscilações, desse modo surgem algumas consequências desta abordagem

i) A energia potencial em um ponto de referência pode ser tomada como sendo igual à zero sem qualquer perda de generalidade, isto é $V(x_0) = 0$, pois para a dinâmica o que influencia é apenas a diferença de potencial.

ii) Como o sistema está em equilíbrio, então em $x = x_0$ a função possui um ponto crítico

$$\frac{dV(x)}{dx} \Big|_{x=x_0} = 0.$$

iii) E não apenas isto, mas o mesmo é um equilíbrio estável, no qual

$$\left. \frac{d^2V(x)}{dx^2} \right|_{x=x_0} = k > 0,$$

Onde k é uma constante positiva definida.

iv) Além disso o fato de o sistema sofrer pequenas oscilações implica que $|x - x_0| \rightarrow 0$, de modo que termos de grau 3 em diante são desprezíveis e, portanto, não contribuirão efetivamente na soma.

Combinando essas quatro considerações à equação (09), obtemos

$$V(x) = \frac{1}{2}k(x - x_0)^2 \equiv \frac{1}{2}k\tilde{x}^2, \quad (10)$$

onde \tilde{x} corresponde à uma translação de eixos de coordenadas, tal que $\tilde{x} = x - x_0$.

Note que a equação (10) implica que todo sistema físico em equilíbrio estável sofrendo pequenas oscilações, é um Oscilador Harmônico. Esta afirmação, até mesmo poética, evidencia todo o poder do formalismo, pois o que molda um sistema físico é sua energia potencial, tomada em sua forma geral para esta demonstração.

3 | DISCUSSÃO DE SISTEMAS FÍSICOS

Pois bem, vimos aqui que o Oscilador Harmônico é teoricamente um modelo primordial para o estudo de sistemas físicos em equilíbrio estável sofrendo pequenas oscilações. Eis então o seguinte questionamento natural: a aplicação de tal formulação é tão ampla assim, perpassando casos onde não há especificamente uma 'massa' e uma 'mola'?

A seguir discutiremos a solução de quatro problemas interessantes, apresentando ao final uma breve conclusão.

3.1 Sistema 1: Conta sobre um aro vertical em Movimento Circular e Uniforme (MCU)

Seja uma conta (partícula) de massa enfiada em um aro vertical fixo de raio r , no qual desliza sem atrito, deslocando-se em torno do ponto mais baixo, de forma que o ângulo (fig. 3) permanece pequeno.

Note que o movimento da conta, em geral, é um movimento circular e, portanto, pode ser feita a associação de um torque devido à força peso. A definição de torque, ou melhor, de seu módulo possui duas formulações equivalentes, em termo do ângulo θ .

$$\tau = rF \text{ sen } \theta, \quad (11)$$

ou ainda

$$\tau = I\alpha, \quad (12)$$

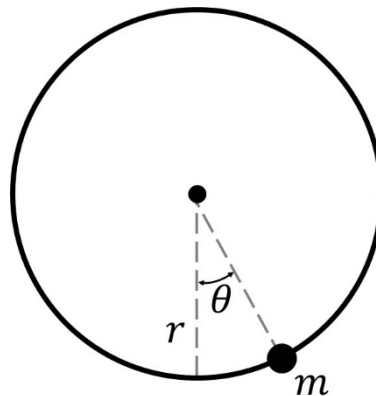


Figura 3. Representação do sistema 1.

Fonte: Elaborado pelos autores desse trabalho.

em que I é o momento de inércia da conta ($I = mr^2$) e α é a sua aceleração angular. Igualando as equações (11) e (12), obtemos

$$I\alpha = rF \text{ sen } \theta,$$

no entanto os valores de I e θ são conhecidos, F é a força peso, $\alpha = \ddot{\theta}$ e $\theta \ll 1$. Logo

$$mr^2\ddot{\theta} = -rmg\theta,$$

portanto

$$\ddot{\theta} + \omega^2\theta = 0, \quad (13)$$

onde $\omega^2 \equiv g/r$. Note que a equação acima é idêntica à do Oscilador Harmônico Simples no qual não possui atrito e nem forças externas sobre o mesmo. A partir disso podemos tomar a seguinte hipótese, a conta pode ser tratada como tal para pequenas oscilações.

Por fim, podemos calcular a frequência de tais oscilações, uma vez que

$$f = \frac{\omega}{2\pi}, \quad (14)$$

portanto

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{r}}. \quad (15)$$

3.2 Sistema 2: Fluido em um tubo com formato de “U”

Seja disposto um líquido de densidade ρ contido em um tubo em U de seção transversal A, e seja l o comprimento total da coluna líquida, assim a massa total de líquido disposta é $M = \rho Al$. Este sistema é mais comum, aparecendo muito em construções, nas quais o mestre de obras (ou um de seus funcionários) utiliza uma mangueira com água para determinar o nível de uma parede com base na variação do

nível da água.

Em equilíbrio, o líquido tem o mesmo nível nos dois ramos, que tomamos como nível $z = 0$ (fig. 4), correspondente à energia potencial $U = 0$. Se o nível baixa de uma altura z num ramo, subirá de z no outro, consideremos que essa variação é pequena se comparada as dimensões do problema.

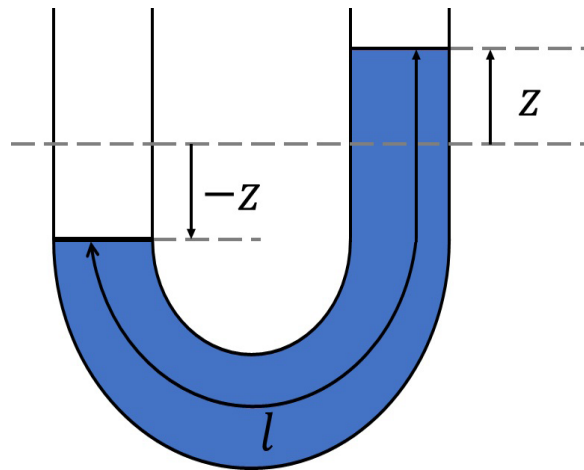


Figura 4. Representação do sistema 2.

Fonte: Elaborado pelos autores desse trabalho.

Dadas as informações já citadas é possível definir a energia potencial a qual o fluido está submetido já que há um ponto de referência. Neste caso $U=U(z)$, onde z é a altura relativa com a posição de equilíbrio, cuja forma funcional é

$$U(z) = mgz,$$

importante frisar que estamos analisando apenas uma fração da massa total, a equivalente à massa deslocada durante as oscilações e, portanto $m \equiv \rho Az$. Desse modo a energia potencial é dada por

$$U(z) = \rho Agz^2, \tag{16}$$

isto é, um potencial parabólico, similar ao potencial restaurador do oscilador harmônico, note então que para este caso a ‘constante elástica’ seria dada por $k \equiv 2\rho Ag$, equivalendo à uma taxa de crescimento da força de empuxo do fluido em relação à variação no nível do mesmo.

Deste modo é possível calcular a frequência natural de vibração ω , uma vez conhecida uma expressão para k ,

$$\omega^2 = \frac{k}{M'}$$

agora a massa é a massa total do fluido, pois supomos inicialmente que o mesmo se desloca dentro do tubo de modo homogêneo. Desse modo

$$\omega^2 = 2 \frac{g}{l}, \tag{17}$$

e, portanto, a frequência para pequenas oscilações é

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2g}{l}}, \quad (18)$$

observe que quanto maior for a coluna de água, menor é a oscilação do movimento, garantindo, por exemplo uma maior precisão para a medida do nível em uma obra.

3.3 Sistema 3: Molécula diatômica

Um outro tipo de sistema interessante de estudarmos são as moléculas. Uma molécula é formada por alguns átomos formando uma determinada estrutura, a qual dará origem à diversas propriedades físicas e/ou químicas que podem ser essenciais para a vida ou até mesmo úteis para o desenvolvimento científico e/ou tecnológico.

Um dos exemplos mais simples de moléculas são as chamadas diatômicas, pois possuem apenas dois átomos em sua composição. Exemplos de moléculas diatômicas presentes no nosso dia a dia são o oxigênio (O_2) e o nitrogênio (N_2) que constituem cerca de 99% da atmosfera terrestre.

Sabe-se que a energia potencial para a força de interação entre dois átomos numa molécula diatômica tem a forma aproximada dada pelo potencial de Lennard-Jones (CHIQUITO; ALMEIDA, 1999)

$$V(x) = -\frac{a}{x^6} + \frac{b}{x^{12}}, \quad (19)$$

onde $a \propto a_0^6$ e $b \propto a_0^{12}$ são constantes positivas, a_0 é uma constante com dimensão de comprimento e x é a distância entre os átomos.

Utilizando um simulador gráfico (Geogebra) e ferramentas básicas do Cálculo Diferencial e Integral é possível plotar o potencial em função da posição. Já que o fator x representa uma distância entre átomos então não é necessário considerar o seu sentido negativo. A figura 5 apresenta um esboço desse potencial.

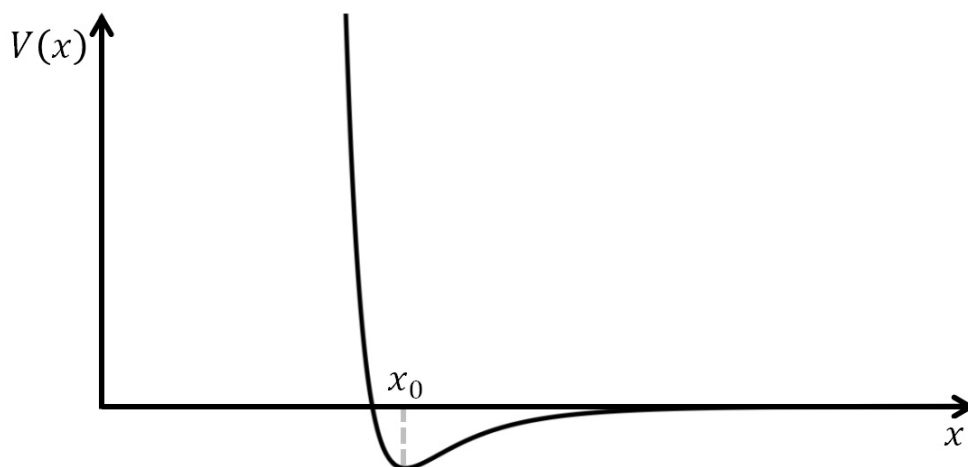


Figura 5. Potencial de interação da molécula diatômica com valores a e b .

Fonte: Elaborado pelos autores desse trabalho.

Observando o gráfico acima, notamos que há um ponto de equilíbrio estável, em x_0 e com isto como já vimos na discussão teórica deste escrito, o mesmo pode ser visto como um oscilador harmônico para pequenas oscilações em torno de x_0 .

Deste modo é possível associar uma frequência natural de oscilação ω_0 sob o qual a partícula executa um movimento oscilatório harmônico. Note que, $\omega_0^2 = k/m$, deste modo lembre que

$$k \equiv \left. \frac{d^2V(x)}{dx^2} \right|_{x=x_0}, \quad (20)$$

a frequência natural de oscilação é

$$\omega_0^2 = \frac{1}{m} \left. \frac{d^2V(x)}{dx^2} \right|_{x=x_0}, \quad (21)$$

deste modo, é essencial determinar a posição de equilíbrio para determinar a frequência natural e com isto a frequência para pequenas oscilações em torno da posição de equilíbrio. Para determinar x_0 buscamos o ponto o qual a derivada da função é nula, desse modo

$$\frac{dV}{dx} = 0,$$

com isto

$$\frac{6a}{x_0^7} - \frac{12b}{x_0^{13}} = 0,$$

portanto, obtemos

$$x_0 = \sqrt[6]{\frac{2b}{a}}. \quad (22)$$

A frequência f pode ser obtida resolvendo a expressão abaixo

$$f = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{m}} \sqrt{\left. \frac{d^2V(x)}{dx^2} \right|_{x=x_0}}. \quad (23)$$

Diferenciando duas vezes o potencial e aplicando o ponto de equilíbrio x_0 , obtemos que a frequência para pequenas oscilações em torno de x_0 é

$$f = \frac{3a}{2\pi\sqrt{m}} \sqrt{\frac{2}{b} \left(\frac{a}{2b}\right)^{\frac{1}{3}}}. \quad (24)$$

3.4 Sistema 4: Pêndulo preso por uma mola

O pêndulo da figura abaixo é formado por uma barra de massa desprezível e comprimento l com uma massa suspensa, ligada a barra em seu ponto médio há uma mola horizontal de massa desprezível e constante elástica k , com a outra

extremidade fixa e relaxada quando o pêndulo está em equilíbrio na vertical. Suponha que a massa ganhe uma pequena velocidade no sentido de disposição da mola, independentemente de seu movimento ser para a direita (esticando a mola) ou para a esquerda (comprimindo a mola), haverá o surgimento de uma força restauradora dada pela Lei de Hooke, se o sistema estiver isolado então o movimento se perpetuará indefinidamente.

Pois bem, para resolver tal situação basta compreender que há um balanço de torques envolvidos, assim como o tratado no sistema , há um torque gerado sobre o pêndulo devido à força peso da massa, isto é

$$\tau_p = -mgl \operatorname{sen} \theta \equiv -mgl\theta,$$

e de um torque gerado pela força elástica, dado por

$$\tau_m = -k \left(\frac{l}{2} \theta \right) \frac{l}{2} \operatorname{sen} \left(\frac{\pi}{2} \right) \equiv -\frac{kl^2}{4} \theta.$$

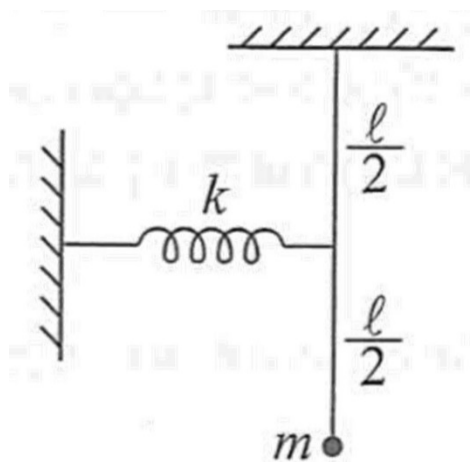


Figura 5. Representação do sistema 4.

Fonte: Nussenzveig (2014).

Desse modo o torque resultante, $\tau = \tau_p + \tau_m \equiv I\ddot{\theta}$, onde I é o momento de inércia da partícula e, portanto, $I = ml^2$. Logo,

$$ml^2\ddot{\theta} = -mgl\theta - \frac{kl^2}{4} \theta,$$

ao reorganizamos a expressão obtemos

$$\ddot{\theta} + \theta \left(\frac{g}{l} + \frac{k}{4m} \right) = 0, \quad (25)$$

que é a equação de movimento do oscilador harmônico na direção de crescimento da variável angular θ . Deste modo é possível efetuar o cálculo da frequência de pequenas oscilações e obter

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l} + \frac{k}{4m}}. \quad (26)$$

4 | CONCLUSÃO

Ao longo deste capítulo foi possível notar a incrível capacidade do oscilador harmônico de servir como modelo para descrição de diversos sistemas físicos bastante diferentes do conhecido sistema massa-mola. Mostramos que qualquer sistema físico em equilíbrio estável sofrendo pequenas oscilações é um oscilador harmônico. Além disso, obtemos a frequência de pequenas oscilações para alguns exemplos específicos. De tal modo que o presente trabalho contribui para um ensino de física mais contextualizado, tendo o potencial para ser empregado como material complementar em cursos de Física e/ou Ciências correlatas em nível de graduação e pós-graduação.

REFERÊNCIAS

BASSALO, J. M. B.; CATTANI, M. S. D. **Osciladores Harmônicos Clássicos e Quânticos**. São Paulo: Editora da Física, 2009.

CHIQUITO, A. J.; ALMEIDA, N. G. O Potencial de Lennard-Jones: Aplicação à Moléculas Diatômicas. In: **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v 21. n 2. Junho, 1999.

GASPAR, A. **Compreendendo a Física**. 3 ed. v 1. São Paulo: Ática, 2016

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**. 9 ed., v. 2. São Paulo: LTC, 2013.

KITELL, C.; KNIGHT, W. D.; RUDERMAN, M. A. **Mecânica – Curso de Física de Berkeley**. V. 1. São Paulo: Edgard Blucher, 1973.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B.; GUIMARÃES, C. **Física: Contexto & Aplicações**. 2 ed. v 1. São Paulo: Scipione, 2016.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica**. 5 ed. v. 2. Blücher: São Paulo, 2014.

SYMON, K. R. **Mecânica**. 5 ed. São Paulo: Campus, 1982.

WATARI, K. **Mecânica Clássica**. 2 ed. v. 1. São Paulo: Livraria da Física, 2004.

PALAVRAS CRUZADAS: UMA FERRAMENTA LÚDICA NO ENSINO DE MATEMÁTICA E DAS CIÊNCIAS DA NATUREZA

Osmar Luís Nascimento Gotardi

Instituto Federal do Paraná, Campus Avançado
Barracão
Barracão – Paraná

Andréa Martini Ribeiro

Instituto Federal do Paraná, Campus Ivaiporã
Ivaiporã – Paraná

Fernanda Marchiori Grave

Instituto Federal do Paraná, Campus Avançado
Barracão
Barracão – Paraná

Letícia Cristiane Malakowski Heck

Instituto Federal do Paraná, Campus Avançado
Barracão
Barracão – Paraná

Mario Victor Vilas Boas

Instituto Federal do Paraná, Campus Avançado
Barracão
Barracão – Paraná

RESUMO: Muitos estudantes da educação básica ainda veem o ensino da Matemática e das Ciências da Natureza como algo cansativo e desmotivador. Tal percepção pode ser justificada, em partes, pela forma estritamente tradicional de se abordar os conteúdos, em que há a ênfase na memorização de nomes, fórmulas e regras, com as informações transmitidas de maneira fragmentada. Visando minimizar essa problemática e tentando contribuir para

o processo de ensino-aprendizagem, foram elaboradas palavras cruzadas fundamentadas por temas, para serem utilizadas em sala de aula. A partir da abordagem de temas como “Água”, “Lixo”, “Meio Ambiente” e “Trânsito”, a ideia é estimular o uso das palavras cruzadas como material lúdico e interdisciplinar. O processo de produção das cruzadas trouxe uma experiência muito significativa para os envolvidos no mesmo, pois estreitou os laços de interação entre os docentes e as disciplinas envolvidas, evidenciando a importância da abordagem interdisciplinar em sala de aula. As cruzadas produzidas têm sido aplicadas com considerável frequência em aulas no Campus Avançado Barracão, do Instituto Federal do Paraná, e as contribuições para a melhoria no processo de ensino-aprendizagem são nítidas, principalmente por tornar as aulas mais dinâmicas e propiciar maior interação dos estudantes com eles mesmos e com o professor.

PALAVRAS-CHAVE: ensino-aprendizagem, interdisciplinaridade, lúdico.

ABSTRACT: Many students of basic education still see the teaching of Mathematics and the Sciences of Nature as tiring and demotivating. Such perception can be justified, in parts, by the strictly traditional way of approaching content, where there is an emphasis on memorizing names, formulas and rules with the information

transmitted in a fragmented way. Aiming to minimize this problem and trying to contribute to the teaching-learning process, crossword puzzles were developed based on themes to be used in the classroom. From the approach of themes such as “Water”, “Garbage”, “Environment” and “Transit”, the idea is to stimulate the use of crossword puzzles as playful and interdisciplinary material. The process of production of the crosswords puzzles brought a very significant experience to those involved in it, since it strengthened the bonds of interaction between the teachers and the disciplines involved, evidencing the importance of the interdisciplinary approach in the classroom. The crossword puzzles produced have been applied with considerable frequency in classes at the Campus Avançado Barracão, of the Instituto Federal do Paraná, and the contributions to the improvement of the teaching-learning process are clear, mainly for making classes more dynamic and providing greater interaction among students with themselves and the teacher.

KEYWORDS: teaching-learning, interdisciplinarity, playfulness.

1 | INTRODUÇÃO

A aversão que muitos estudantes apresentam pelo estudo da Matemática e das Ciências da Natureza (Biologia, Física e Química) ainda é algo marcante na educação básica brasileira. Isso pode ser justificado, em partes, pela forma estritamente tradicional com que os conteúdos são abordados em sala de aula, em que se prioriza a memorização de regras de nomenclatura, fórmulas e conceitos. Assim, o estudante acaba se esquecendo rapidamente dos conteúdos trabalhados e não consegue ver sentido nos mesmos.

Além do problema da ênfase à memorização, outra questão que tem sido criticada no ensino tradicional é a condição de aprendiz passivo que é atribuída ao estudante, na qual este apenas ouve as explicações do professor. Sem contar que, muitas vezes, as informações são transmitidas de maneira fragmentada e sem qualquer relação com os conhecimentos prévios dos estudantes. E quando isto acontece, a aprendizagem não é significativa.

Com relação à disciplina de química, Oliveira (2009) afirma que esta, da forma como vem sendo trabalhada por vários professores, tem desagradado muito os estudantes do Ensino Médio. É preciso que o estudante não se limite a apenas ouvir o professor, mas que tenha uma postura ativa no sentido de construir suas ideias sobre os assuntos abordados.

Evidencia-se, então, que o ensino de ciências deve ocorrer de forma que o estudante consiga relacionar os conteúdos estudados com as situações problema da sua realidade, podendo intervir com criticidade no contexto em que está inserido. E para contribuir com essa contextualização, uma abordagem de suma importância é a interdisciplinaridade.

Nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM, 2000), a importância da prática interdisciplinar é enfatizada, quando fala do desenvolvimento

de conhecimentos que correspondam a uma visão de mundo e a uma cultura geral. Quando se especifica a área de Matemática e das Ciências da Natureza, aponta-se a necessidade de uma formação geral para o estudante, possibilitando que este seja capaz de aprender continuamente.

Logo, compreendendo as Ciências da Natureza como construções humanas e entendendo a relação direta entre ciência, tecnologia e sociedade, reforça-se a ideia de que os conteúdos das disciplinas podem ser discutidos de forma articulada, para que o estudante, a partir de uma visão geral - e não compartimentalizada, possa utilizar o conhecimento como meio a fim de resolver situações problema do cotidiano.

Nos PCNEM (2000) são exemplificados alguns temas que podem ser abordados com cunho interdisciplinar, dentre eles a ideia de conservação de energia, quando diz que este princípio físico é essencial para interpretar fenômenos naturais e tecnológicos, podendo ser verificado em processos biológicos como a fermentação, ou químicos como a combustão. Processos estes que, para seu estudo quantitativo sistematizado, também contam com o instrumental matemático.

A partir do contexto exposto, torna-se perceptível a importância do papel do professor no processo de ensino-aprendizagem, pois, para que se possa desenvolver aulas com abordagem interdisciplinar, é importante que o docente tenha abertura para trabalhar de tal forma, principalmente no tocante à disposição em contatar com outros docentes.

Conforme Bergamo (2012), também é importante que o professor proponha questionamentos aos estudantes, propiciando aos mesmos a reflexão sobre suas descobertas. Que o professor não forneça respostas prontas, mas que proporcione caminhos que levem os estudantes às respostas.

Cunha (2011) aponta que um dos desafios dos docentes é fazer com que os estudantes se interessem pelos conteúdos abordados em sala de aula. Assim, entende que é papel do professor gerar situações que estimulem a aprendizagem dos estudantes.

Pensando então em fomentar situações que motivem os estudantes a aprender, e tentando contribuir para a aprendizagem significativa dos mesmos, elaboraram-se atividades lúdicas envolvendo a Matemática e as Ciências da Natureza (Biologia, Física e Química). Várias palavras cruzadas foram construídas para serem utilizadas nas aulas pelos professores, a fim de que os estudantes possam aprender brincando. A ideia também é inspirar os professores a planejar e desenvolver aulas de cunho interdisciplinar.

2 | ATIVIDADE LÚDICA E O ENSINO

Segundo Cunha (2011), quando se faz uma análise histórica, percebe-se que os jogos sempre foram inerentes ao ser humano. Podem-se citar exemplos como o filósofo grego Platão (427-348 a.C.) que já destacava a importância do “aprender brincando”,

e os romanos que utilizavam jogos físicos no processo de formação de seus soldados. Kishimoto (1996) aponta Ignácio de Loyola com a Companhia de Jesus no século XVI, quando a importância dos jogos para a construção do conhecimento pelo homem foi colocada em destaque, enfatizando a utilização dos mesmos como ferramenta para o ensino.

Logo, desde a Antiguidade, grandes pensadores já tinham em mente a importância dos jogos como recurso instrutivo. E até hoje se tem estudado sobre o uso dos jogos com tal finalidade, inclusive sobre as diversas maneiras de utilização desses jogos em sala de aula.

Como exemplos, há os trabalhos de conclusão de curso de Kalinke e Polla (2011) e Santos (2014) e a dissertação de mestrado de Silva (2012). No primeiro trabalho, desenvolvido na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, no município de Pato Branco/PR, abordou-se o uso de atividades lúdicas como método alternativo no ensino de química, em que foram aplicados caça-palavras e palavras cruzadas sobre tabela periódica e ligações químicas em turmas de primeiro ano do Ensino Médio. No segundo trabalho, realizado na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, no município de Dourados/MS, apresentou-se uma análise sobre a aplicação de um jogo de química baseado no dominó, em turmas de primeiro ano do Ensino Médio, discutindo a finalidade do jogo como ferramenta de revisão e avaliação. Na dissertação de Silva, apresentada no Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio de Janeiro, abordou-se uma proposta para o ensino de óptica por meio de um jogo de trilha, em que se procurou atender às exigências do formato atual da avaliação do Exame Nacional do Ensino Médio.

Nesses trabalhos, verificou-se que a utilização das atividades lúdicas propostas contribuiu para o processo de ensino-aprendizagem, fortalecendo a crença na ideia de que os estudantes podem aprender de forma prazerosa e divertida. Todavia, para isso, é necessário que haja a criação pelo professor de situações estimuladoras ao desenvolvimento dos estudantes, como foi feito nos trabalhos mencionados anteriormente.

Segundo Kishimoto (1996), o jogo pode ser considerado educativo quando existe um equilíbrio entre duas funções: a lúdica e a educativa. A primeira se refere à diversão que pode ser proporcionada pelo jogo, enquanto a segunda está relacionada à construção do conhecimento. Assim, quando o professor desenvolve atividades lúdicas em suas aulas visando o aprendizado dos estudantes, está potencializando o processo de ensino-aprendizagem.

Caso haja um desequilíbrio entre as funções lúdica e educativa, duas situações podem ocorrer, segundo Soares (2008): se a função lúdica predominar, tem-se apenas um jogo; se predominar a função educativa, tem-se somente um material didático.

Soares (2015) explicita algumas contribuições referentes à utilização do jogo em sala de aula, dentre elas: a) o aspecto disciplinar do jogo, em que os estudantes não ficam o tempo todo quietos, pelo contrário, há conversas, exaltações e risos porém com

foco na atividade lúdica, sem dispersão e desinteresse salvo possíveis e justificáveis exceções; b) a possibilidade de professores e estudantes se divertirem conjuntamente no processo de ensino- aprendizagem, em oposição ao achado de que brincar é coisa apenas de criança; c) a melhoria na relação professor/estudante, pois a ludicidade aproxima docente e discentes, em que o professor torna-se uma espécie de auxiliador na compreensão das regras do jogo. Baseado em trabalhos de seu grupo de pesquisa, o autor comenta com relação à aproximação professor/estudante que:

O aluno se sente mais à vontade para dirimir algumas dúvidas, pois, em primeira análise, ele está jogando e o professor é um dos participantes indiretos do jogo. As perguntas fluem mais naturalmente, e as explicações eram debatidas com os outros membros do grupo até que se chegasse a um consenso. Como o professor discute com o grupo, tem-se uma liberdade maior de entendimento do conceito (SOARES, 2015, p. 187).

Alain (1957) *apud* Kishimoto (1996) também ressalta que o jogo permite a resolução de situações problema por meio da investigação, favorecendo o aprendizado a partir do erro. Afinal, é dada ao jogador a possibilidade de buscar por respostas sem lhe causar constrangimento quando o mesmo comete erros.

3 | PALAVRAS CRUZADAS

Benedetti *et al.* (2009) traz que os cruzamentos de signos linguísticos remontam aos séculos XIII a.C. e XII a.C., de acordo com estudos de arqueólogos. Ao longo de séculos, as palavras cruzadas evoluíram, para então chegar aos moldes atuais, sendo que, em 1913, Arthur Wynne, editor de um jornal de *Nova York*, nos Estados Unidos, publicou a primeira palavra cruzada moderna. Enquanto que no Brasil, a primeira cruzada foi publicada somente em 1925, segundo Ximenes (2008) *apud* Benedetti *et al.* (2009).

Conforme afirma Benedetti *et al.* (2009), ao preencher palavras cruzadas o estudante é desafiado a agir e desenvolver habilidades, visto que geralmente precisa pesquisar sobre os assuntos abordados para descobrir as respostas, tendo que interpretar conceitos e fazer a relação entre as palavras da sua estrutura cognitiva e as lacunas da cruzada.

Como exemplos de trabalhos envolvendo a utilização de palavras cruzadas no ensino de ciências tem-se o artigo de Benedetti *et al.* (2009) e a apresentação de Monteiro e Lima (2011). O primeiro trata do uso de palavras cruzadas em turmas de ensino médio de uma escola pública de Dourados/MS, em que a atividade lúdica abordou o conteúdo de teoria atômica e foi aplicada em substituição aos exercícios de fixação tradicionais. O segundo trabalho aborda sobre o uso de palavras cruzadas na construção do conhecimento químico, em que foram produzidas cruzadas sobre temas como matéria e energia e aplicadas em turmas da educação básica. Em ambos os trabalhos, os professores que aplicaram a atividade constataram que houve

melhora significativa na aprendizagem dos conceitos envolvidos e também na relação entre professor e estudante, além do grande interesse da maioria dos estudantes em participar da aula.

Atualmente, no Brasil, as palavras cruzadas fazem parte do cotidiano de muitas pessoas, as quais concebem o preenchimento daquelas como forma de lazer. É comum encontrar materiais contendo palavras cruzadas em diversas bancas de revistas, lanchonetes, bem como nas páginas de entretenimento de muitos veículos de comunicação impressos e virtuais. Nesses casos, as cruzadas geralmente envolvem conceitos de diversas áreas do conhecimento.

Diante do contexto exposto, diversas palavras cruzadas foram elaboradas, com a ideia de fazer articulações entre conteúdos estudados em biologia, física, matemática e química no Ensino Médio. Optou-se por construir cruzadas com temas de cunho interdisciplinar, a fim de estimular a integração curricular no Campus Avançado Barracão do Instituto Federal do Paraná bem como inspirar docentes de outras instituições a trabalhar os conteúdos de maneira articulada.

3.1 Construção das cruzadas

O ponto de partida para a construção das cruzadas foi a análise das ementas de biologia, física, matemática e química do Curso Técnico em Administração Integrado ao Ensino Médio do Campus Avançado Barracão, o qual pertence ao Instituto Federal do Paraná.

Os professores daquelas disciplinas se reuniram e discutiram sobre as ementas, para a partir disso pensar em temas que poderiam servir de base às cruzadas. A intenção era definir temáticas as quais envolvessem em seu estudo e compreensão conteúdos das diferentes disciplinas. Assim, objetivando priorizar as inter-relações desses conteúdos. O Quadro 1 apresenta os temas inicialmente formalizados.

| | |
|-----------------------|---------------------------|
| 1. Água | 7. Meio ambiente |
| 2. Lixo | 8. Trânsito |
| 3. Energia | 9. Nutrição |
| 4. Elementos químicos | 10. Funções |
| 5. Saúde | 11. Progressões |
| 6. Tecnologia | 12. Matemática financeira |

Quadro 1 - Temas formalizados inicialmente para as cruzadas.

Fonte: Osmar Gotardi

A partir da definição de possíveis temas para as cruzadas, doze unidades foram elaboradas, envolvendo os temas: Água, Lixo, Energia térmica, Elementos químicos, Funções, Meio Ambiente, Nutrição, Saúde, Progressão Aritmética e Geométrica, Trânsito. Para os temas Lixo e Nutrição, foram elaboradas duas cruzadas de cada tema, e para as demais temáticas, uma cruzada.

Os temas mencionados acima foram elencados a partir de diálogo entre os

professores envolvidos, e para cada tema foram selecionados e anotados os conteúdos que poderiam ser abordados na cruzada, os quais seriam utilizados para a discussão e compreensão daquele tema. Como exemplos, podemos citar as cruzadas sobre “Trânsito” e “Funções”. Para a primeira, foram listados assuntos como as reações químicas de combustão que podem ocorrer no motor do veículo e as de oxirredução que explicam o funcionamento da bateria, a cinemática envolvida no funcionamento do carro, e a poluição atmosférica associada ao trânsito intenso nas estradas, assim percebe-se que aspectos químicos, físicos e biológicos foram inter-relacionados para serem discutidos em conjunto a partir do tema do trânsito.

Já na cruzada sobre “Funções”, pensou-se nesse conteúdo matemático o qual pode ser abordado levando-se em conta situações problema de biologia, física e química. Assim, problemas envolvendo assuntos dessas disciplinas e que para serem resolvidos precisam do artifício matemático das funções, foram alinhados para inclusão na cruzada. Podem ser citados o movimento de projéteis, o crescimento de bactérias em função do tempo e a mudança de temperatura dos materiais ao longo dos instantes.

Para a elaboração das cruzadas, utilizou-se o seguinte procedimento: a) seleção de textos de materiais diversos sobre o tema da cruzada; b) leitura dos mesmos; c) seleção e anotação de palavras julgadas como relevantes dentro do tema; d) tentativas de articular as palavras umas com as outras, em tabela retangular de quinze linhas horizontais e dez colunas, tentando inserir o máximo possível de palavras relacionadas ao tema; e) acréscimo, caso necessário, de palavras e termos relacionados a diversos assuntos até não sobrar quadrinho em branco; f) elaboração e inclusão das dicas para as palavras introduzidas na cruzada; g) digitalização da cruzada. Optou-se por inserir imagens em algumas cruzadas, as quais ocuparam um espaço retangular delimitado dentro do material. Priorizou-se por colocar fotos que apresentassem localidades da região de Barracão/PR as quais teriam relação com a temática da cruzada. Foi colocada uma dica acompanhando cada foto, para ser completada alguma palavra na cruzada relacionada àquela.

Para ilustrar melhor o procedimento de construção das cruzadas, tomaremos como exemplo uma das cruzadas sobre o tema “Lixo”: a partir da seleção e leitura de um texto do livro Química Cidadã volume 1, de Santos *et al.* (2013), foi produzido o esboço apresentado na Figura 1.

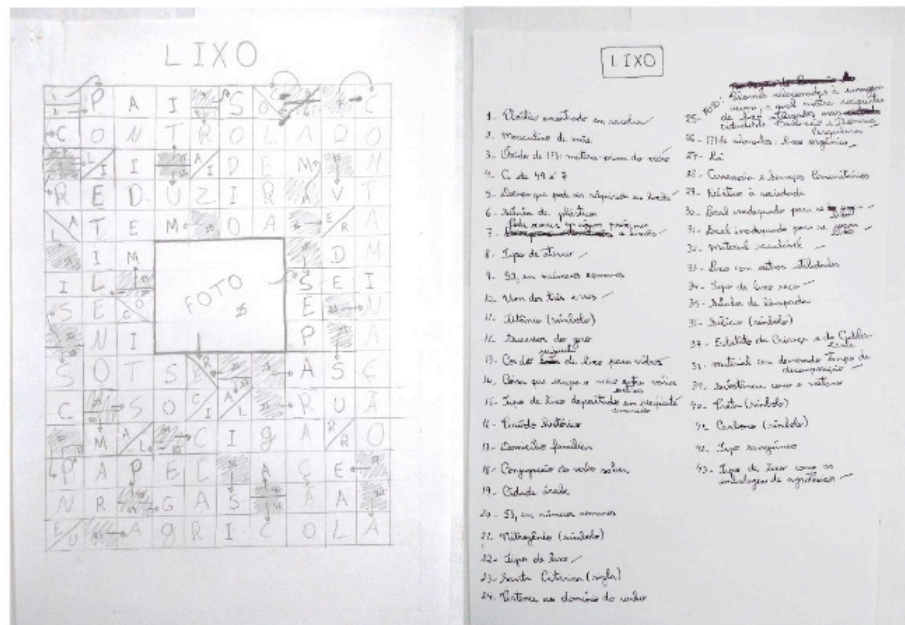


Figura 1 - Esboço da cruzada sobre “Lixo” (dicas à direita).

Fonte: Osmar Gotardi

Percebeu-se que é bem complexo conseguir intercalar bastantes palavras sobre um tema específico, de forma a “fechar” a cruzada retangular, sem deixar quadrinhos “sobrando”. Mesmo assim, conseguiu-se produzir diversas cruzadas satisfatórias. A Figura 2 apresenta a cruzada finalizada sobre o tema “Lixo”.

LIXO


| | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|---|---|--|---|---|-------------------|---|---|---|--|
| Plástico encontrado em sacolas | P | A | I | Óxido de (?) matéria-prima do vidro | S | O | Doença que pode ser adquirida em lixões | Pode ocorrer em águas próximas a lixões | C | |
| Masculino de mãe | | | | A de 49 e 7 | | | Sílabas de plásticos | | | |
| | C | O | N | T | R | O | L | A | D | O |
| Tipo de aterro | L | I | I | Titânio (símbolo) | A | I | D | E | M | Cor do recipiente de lixo para vidros |
| 52, em números romanos | | | | Sucessor do zero | | | | | | |
| "R" relacionado ao lixo | | | | | | | | | | |
| | R | E | D | U | Z | I | R | | | Coisa que ocupa o meio entre várias outras |
| | | | | | | | | | | |
| A | T | E | M | Tipo de lixo depositado em recipiente amarelo | O | A | Período histórico | E R | A | |
| Domicílio familiar | I | M | | | | | Conjugação do verbo saber | D | M | |
| | | | | | | | | | | |
| | I | L | Cidade árabe | 51, em números romanos | | | S | E | I | |
| | | | | | | | | | | |
| | S | E | O | | | | E | Nitrogênio (símbolo) | N | |
| Tipo de lixo | | | | | | | | | | |
| Santa Catarina (sigla) | N | J | |  <p>Palavras relacionadas à imagem acima, a qual mostra recipientes de lixo utilizados nas cidades de Barracão - PR e Dionísio Cerqueira - SC</p> | | | P | Que pertence ao domínio do sonho | A | |
| | | | | | | | | | | |
| | S | O | T | S | E | A | Assessoria e Serviços Comunitários | A | S | C |
| | | | | | | | | | | |
| | C | | S | O | C | A | Local público inadequado para se jogar lixo | R | U | A |
| | | | | | | | | | | |
| Material reciclável | | | A | Tipo de lixo seco | | | | | | |
| Lixo que pode acumular água | M | L | | Sílabas de lâmpada | C | I | G | A | R | O |
| | | | | Ovo, em inglês | | | | | | |
| | P | A | P | E | L | Silício (símbolo) | A | C | E | Estatuto da Criança e do Adolescente |
| | | | | | | | | | | |
| | N | R | Lixo como a garrafa PET | | G | A | S | | | |
| | | | Substância como o metano | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | E | | Lixo como as embalagens de agrotóxicos | | G | R | I | C | O | L |
| U | | | | | | | | | | |

Figura 2 - Cruzada sobre o tema “Lixo”.

Fonte: Osmar Gotardi

As Figuras 3 a 5 apresentam as cruzadas construídas sobre os temas “Meio Ambiente”, “Trânsito” e “Elementos químicos”.

MEIO AMBIENTE


| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---------------------------------|--|---|---|---|---|---|---|
| A | Z | A | Metal corroído pela chuva ácida | Substância usada como pigmento em tintas | O | D | O | Visa à redução da emissão de gases poluentes na atmosfera | P | |
| Tomar leite de magnésia é uma forma de tratá-la | E | R | F | O | X | N | E | Seus óxidos causam a chuva ácida | R | |
| R | D | Conjugação do verbo rir | E | X | I | E | P | Animal afetado pela chuva ácida | O | |
| O | I | Sílabas de padronizar | R | A | D | M | A | Há na palavra óxido | T | |
| C | I | Designação dada a casas históricas de Marrocos | R | I | D | M | A | | T | |
| A da fuligem é escura | C | A | R | B | O | N | I | | C | |
| Gás causador do aquecimento global | A | A da água é medida pelo pH | O | B | O | N | I | Movimento repentino; impulso | O | |
| L | A | | O | D | O | R | E | | C | |
| Fonte de poluição para o ar | C | Arte (inglês) | C | E | T | A | N | | O | |
| Carros andam sobre elas | R | A presença de CO ₂ no ar contribui para o (?) estufa | A | E | T | A | N | | L | |
| T | R | A | E | F | E | I | T | | O | |
| E | U | R | T | E | C | O | D | | | |
| M | A | R | M | O | R | E | E | | | |
| Material como o ferro | S | O | I | A | R | O | N | | | |
| Material corroído pela chuva ácida | | | | | | | | | | |
|  | | | | Nitrogênio (símbolo) | O | A | N | | | |
| | | | | | N | I | T | I | C | O |
| | | | | Ácido formado pela reação entre NO ₂ e água | I | T | C | A | T | |
| | N | I | R | O | S | O | | | | |

Figura 3 - Cruzada sobre o tema “Meio Ambiente”.

Fonte: Osmar Gotardi

TRÂNSITO


| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---------------------------------------|--|--------------------------------------|---|---|
| Parte do veículo que fixa uma força sobre o solo | C | Força externa que pode mudar a inércia do motorista | Q | Unidade de espaço percorrido em estradas | D | Pigmento branco de placas de trânsito | Tende a ser poluído em grandes centros urbanos | Sua queima faz o carro se movimentar | C | |
| P | N | E | U | Iodo (símbolo) | I | (?) e reação: terceira lei de Newton | A | A | O | |
| A | T | R | I | T | O | Filtra o sangue | R | I | M | |
| Necessário para o carro realizar uma curva sem derrapar | O | Não deve ser jogado nas ruas | L | I | X | O | Térbio (símbolo) | T | B | |
| A | R | Material que compõe as placas de trânsito | R | O | I | Local de trânsito de aviões | C | E | U | |
| C | T | Romã (sigla) | | | | Tamanho | | | | |
| O | N | E | M | I | V | O | M | N | S | |
|  | | | | E | Débito, em inglês | D | E | B | I | T |
| | | | | T | Representação de temperatura, em fórmulas físicas | E | D | Boro (símbolo) | C | I |
| A máxima indicada na Avenida Internacional de Dionísio Cerqueira - SC é 40 km/h | | | | R | Sinal que nusaia as vogais | T | I | L | V | |
| V | E | L | O | C | I | D | A | D | E | |
| Tipo de antibio | R | A de uma carreta carregada é medida em toneladas | A | Combustível conhecido como álcool | E | T | A | N | O | |
| O | P | M | E | O de impacto do corpo é aumentado pelo airbag | A | Astato (símbolo) | I | Índice de massa corporal | Espaco entre dois veículos numa rodovia | |
| Os carros fazem na rua quando o sinal está verde | A | Placa de trânsito com formato de octógono | A | I | C | N | A | S | I | |
| P | A | S | M | Iodo (símbolo) | I | Nitrogênio (símbolo) | O vermelho indica parada obrigatória | M | Oxigênio (símbolo) | |
| Gás emitido por escapamento de veículo | C | A | R | B | O | N | I | C | O | |

Figura 4 - Cruzada sobre o tema “Trânsito”.

ELEMENTOS QUÍMICOS

| | | | | | | | | | |
|--|---------------------------------|---|---|---------------------------------|---|-----------------------------|--|--|---|
| Líquido para conservação de sêmen | L | Usado em bateria para marca-passo | F | Metal presente no aço | Quando inalado, afina a voz | H | B | Estão localizados na família 5A | F |
| N | I | T | R | O | G | E | N | I | O |
| A | T | A | R | P | Metal presente em talheres | L | Niúbio (símbolo) | T | S |
| Iodo (símbolo) | I | Halogênio produzido artificialmente (símbolo) | O | Seu símbolo é Pt | P | I | Usado como pino para fratura (símbolo) | Halogênio empregado como aditivo em cremes dentais (símbolo) | F |
| Meitnério (símbolo) | O | O | Elemento do grupo 17 usado como desinfetante de água de piscina | C | L | O | R | O | O |
| M | Utilizado em reatores nucleares | I | E | A | Metal de transição encontrado em moedas (símbolo) | N | R | | |
| T | U | N | G | S | T | E | N | I | O |
| Presente em fio de lâmpada | R | E | Lantânio cujo Z = 68 | I | I | Enxofre (símbolo) | S | Está no grupo 13 e no período 5 (símbolo) | E |
| Grafite de lâpis | | | | | | | | | |
| C | A | R | B | O | N | O | Metal cinza brilhante presente em medalhas de bronze (símbolo) | O | A |
| M | N | Usado no preparo de gasolina azul | Presente na água boracada (símbolo) | Presente em agulhas de bússolas | A | M | | M | R |
| Metal de transição situado no grupo 7B (símbolo) | I | O | D | O | Americio (símbolo) | O | R | Ponta da pena de caneta-tinteiro (símbolo) | O |
| Elemento integrante dos hormônios tireóideos | O | I | O | S | Metal avermelhado usado em cabos elétricos | C | O | R | E |
| Componente do vidro e do cimento (símbolo) | Metal alcalino radioativo | A | Gás nobre de lâmpada (símbolo) | M | Seu símbolo é Na (Natrium em latim) | Metal resistente à corrosão | É liberado na fotossíntese das plantas (símbolo) | Ametal líquido à temperatura ambiente | N |
| Elemento mais abundante no Universo | S | Usado para fazer calhas | Z | I | N | C | O | Presente no sal de cozinha iodado (símbolo) | I |
| H | I | D | R | O | G | E | N | I | O |

Figura 5 - Cruzada sobre o tema “Elementos químicos”.

Fonte: Osmar Gotardi

As Figuras 6 a 8 apresentam a cruzada sobre “Funções”, a qual tem um diferencial em relação às demais: nesta há em folha à parte questões e problemas numerados para serem solucionados, de forma que as respostas devem ser inseridas na cruzada no local indicado pelo número da questão.

FUNÇÕES

| | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|------------------------|-------------------------------|---|---|--------------------|----------------------|---------------------------------------|-------------------|
| 1 | D | R | 2 | O | T | A | Q | Sílabas de quina | P |
| Nome dado à função do 2º grau | | | 3 | R | A | U | Preço | | |
| Q | U | A | D | R | A | T | I | C | A |
| D | E | Z | I | O | D | N | S | U | R |
| 5 | N | 6 | S | E | T | E | N | T | A |
| E | T | 7 | Q | N | E | T | O | B | |
| P | O | U | C | A | I | O | O | O | |
| Antônimo de muita | S | I | Carbano (símbolo) | D | O | O | 50, em número romano | L | |
| Referente ao mês | M | E | N | S | A | L | f(8) em f(x)=9x+8 | X | A primeira vogal |
| 8 | D | Z | E | S | S | E | I | S | Silício (símbolo) |
| E | Z | E | R | T | A | F | I | M | |
| S | E | Espírito Santo (sigla) | "x" em f(x)=2x, sendo f(x)=-1 | A | D | Manganês (símbolo) | 12 | Gráfico de uma função de 1º grau | E |
| Sinônimo de não | N | M | Enxofre (símbolo) | L | I | M | 14 | R | C |
| 13 | O | N | S | T | A | N | E | R | I |
| Nome dado a "x" quando f(x)=0 | V | O | Sílabas de cadendo | U | R | Flôor (símbolo) | Despido de roupa | Campeão pela terceira vez consecutiva | T |
| Z | E | R | O | A | F | U | C | A | O |

Figura 6 - Cruzada sobre o tema "Funções".

Fonte: Osmar Gotardi

FUNÇÕES → PROBLEMAS

1 - O GPS, sigla em inglês para Sistema de Posicionamento Global, um pequeno aparelho desses que podem ser instalados no painel do carro e ajudar o motorista a conduzir o carro por caminhos desconhecidos, é uma tecnologia que se populariza cada vez mais. Entre seus recursos, o GPS oferece uma correção de trajeto caso o motorista erre o caminho estabelecido pelo aparelho. A figura abaixo representa um trajeto traçado pelo GPS na cidade de Barracão/PB. O motorista queria se deslocar dentro da cidade, até então desconhecida por ele; desejava ir do ponto A até o ponto D, desta maneira o aparelho estabeleceu o melhor trajeto: ABCD (linha cheia). Contudo, o distraído motorista errou o caminho e a um apartar de botões o aparelho acusou uma rota alternativa para alcançar o ponto D: ABEFGD (linha tracejada). Calcule a distância percorrida, em metros, pelo motorista caso tivesse seguido o primeiro caminho estabelecido pelo GPS.
 Dados: $AB = 41m$; $CD = 95m$; $BE = 37m$; $EF = 43m$; $FG = 28m$; $GD = 50m$.

Questão adaptada de:
 (FONTES, D. J. S. et al. *O uso de contextos no ensino de geometria*. I Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia, UTFPR, 2009)

2 - Sejam x e y eixos perpendiculares entre si. Chamamos o eixo horizontal x de eixo das abscissas e o eixo vertical y de eixo das
 3 - Um móvel realiza um movimento uniformemente variado (MUV) obedecendo à função $S = t^2 - 4t + 4$, sendo S medido em metros e t em segundos. Em que instante, em segundos, o móvel muda de sentido?
 4 - A curva que representa o gráfico de uma função quadrática.
 5 - (UFPE - adaptada) O custo C , em reais, para se produzir n unidades de determinado produto é dado por:
 $C = 2510 - 100n + n^2$. Qual o custo mínimo, em reais, referente a essa produção?
 6 - (UERJ - adaptada) Uma panela, contendo um bloco de gelo a -40°C , é colocada sobre a chama de um fogão. A evolução da temperatura T , em graus Celsius, ao longo do tempo x , em minutos, é descrita pela seguinte função real:

$$T(x) = \begin{cases} 2x - 40, & \text{se } 0 \leq x < 2 \\ 0, & \text{se } 2 \leq x \leq 10 \\ 10x - 100, & \text{se } 10 < x \leq 20 \\ 100, & \text{se } 20 < x \leq 40 \end{cases}$$
 Que temperatura, em $^\circ\text{C}$, será atingida em 17 minutos?
 7 - A Torre de Hanói é um quebra-cabeças que consiste em uma base contendo três pinos, em um dos quais são dispostos alguns discos uns sobre os outros, em ordem decrescente de diâmetro, de baixo para cima. O problema consiste em passar todos os discos de um pino para outro qualquer, de maneira que um disco maior nunca fique em cima de outro menor. O número de discos pode variar, sendo que o mais simples contém apenas três.

Fonte: <http://www.kinzigifts.com.br>

Figura 7 - Questões problema da cruzada sobre "Funções" (parte 1).

Seguindo as regras do quebra-cabeças Torre de Hanói, qual é o número mínimo de movimentos para 4 discos?

Questão adaptada de:
(<<http://mmpmateriaispedagogicos.com.br/curiosidades/voce-conhece-historia-da-torre-de-hanoi/>>
Acessado em: 05 de Dezembro de 2015)

8 - Em condições específicas, a quantidade de centenas de bactérias de uma cultura cresce em função do tempo, obedecendo à função $B(t) = 2^{t/18}$. Considerando t medido em horas, determine o número de centenas de bactérias nessa colônia após 3 dias.

9 - (PUC/MG - adaptada) Geralmente, o crescimento de determinados seres vivos microscópicos, como as bactérias, acontece exponencialmente. Dessa forma, é comum o uso de funções exponenciais relacionado a problemas dessa natureza. O número de bactérias em um meio duplica de hora em hora. Se, inicialmente, existem 8 bactérias no meio, ao fim de 10 horas o número de bactérias será uma potência de base DOIS e expoente

10 - Tipo de função que expressa grandezas diretamente proporcionais.

11 - O montante M é a quantia a ser recebida após a aplicação de um capital C , a uma taxa i , durante certo tempo t . No regime de juros compostos, esse montante é calculado pela relação $M=C.(1+i)^t$. Considere um capital de R\$ 10.000 aplicado a uma taxa de 12% ao ano durante 4 anos. O valor do montante ao final desta aplicação é maior ou menor que 20.000,00?

Questão adaptada de:
(<<https://educacao.uol.com.br/matematica/funcao-exponencial.jhtm>> Acessado em: 05 de Dezembro de 2015)

12 - Um grupo de amigos trabalha no período de férias vendendo salgadinhos nas praias. O trailer e todos os equipamentos necessários para a produção são alugados no valor de R\$ 750,00. O custo do material de cada salgadinho é de R\$ 0,10. Podemos chamar este valor de R\$ 750,00 de custo

Questão adaptada de:
(<<https://brainly.com.br/tarefa/269015>> Acessado em: 05 de Dezembro de 2015)

13 - Nome dado à função $f(x) = ax + b$ quando $a = 0$.

14 - Suponha que você trabalhe como representante de uma firma que se dedica à criação de jogos para computador. Seu salário é de R\$ 700,00 fixos por mês acrescidos de R\$ 20,00 por jogo vendido. Se em um mês você vender 15 jogos, quanto você receberá, em reais?

Questão adaptada de:
(<<https://brainly.com.br/tarefa/14879267>> Acessado em: 05 de Dezembro de 2015)

15 - Um projétil é atirado por um canhão e descreve a função $S = 30.t - 2,25.t^2$, sendo S em metros e t em segundos. Calcule a altura máxima, em metros, atingida pelo projétil.

Figura 8 - Questões problema da cruzada sobre “Funções” (parte 2).

Fonte: Osmar Gotardi

O processo de elaboração das cruzadas trouxe uma experiência muito significativa para os envolvidos no mesmo, pois propiciou maior aproximação entre os professores e conseqüentemente entre as disciplinas, em que aqueles puderam perceber com mais evidência as possibilidades da abordagem interdisciplinar dos conteúdos no processo de ensino-aprendizagem.

3.2 Utilização das cruzadas

Diversas cruzadas elaboradas já foram utilizadas em aulas no Campus Avançado Barracão com turmas de Ensino Médio dos Cursos Técnicos em Administração e Informática. Nesses casos, a atividade lúdica foi abordada como forma de revisão dos conteúdos trabalhados nas aulas.

Em todas as vezes que as cruzadas foram utilizadas, observou-se grande envolvimento dos estudantes, inclusive com certo barulho em alguns momentos.

Contudo, os estudantes estavam focados na atividade e as conversas não eram paralelas mas sim sobre os conteúdos trabalhados. Essa questão está em consonância com o aspecto disciplinar do jogo abordado por Soares (2015).

Um exemplo que pode ser citado é a cruzada de tema “Meio Ambiente”, a qual já fora aplicada várias vezes como complementação no estudo dos compostos inorgânicos, nas aulas de Química Inorgânica. Assuntos como “chuva ácida”, “efeito estufa” e “aquecimento global”, os quais são estudados em disciplinas como química e biologia, foram inseridos na cruzada, pois possuem relação direta com alguns compostos inorgânicos, caracterizando assim o foco interdisciplinar da atividade.

A expressão *“foi divertido, pois a vontade de encontrar as palavras foi muito emocionante”*, mencionada por um estudante, representa bem o prazer que os estudantes tiveram em resolver a cruzada. Outros termos que também chamaram a atenção foram os seguintes: *“aula dinâmica”*, *“muito legal”*, *“bem interessante”*, *“foi bem boa”*.

Assim, percebeu-se que a cruzada desenvolvida foi uma atividade que correspondeu à característica lúdica atribuída à mesma. Fez os estudantes se divertirem enquanto estudavam e motivou-os a querer saber mais sobre os assuntos abordados. Concordando, então, com Albareli *et al.* (2011), de que o jogo desperta motivação e um sentimento de satisfação ao jogador.

Ainda tomando como exemplo a cruzada “Meio ambiente”, notou-se que o cunho interdisciplinar da mesma contribuiu para o desenvolvimento da atividade. Isso ficou evidenciado quando os estudantes se expressaram e surgiram falas como *“muito interessante, pois envolve outras disciplinas e faz com que os alunos se interessem pelo conteúdo”* e *“pode ter novas experiências sobre conhecimentos gerais”*. Assim, percebeu-se que os estudantes acharam interessante o fato da cruzada abordar um tema interdisciplinar. E também gostaram da presença de dicas e palavras sobre outros assuntos, pois isso fez com que conhecessem palavras novas.

Acredita-se que o exposto acima vai de encontro à ideia de interdisciplinaridade expressa por Godin e Mól (2008) *apud* Scafi e Biajone (2011), de que esta proporciona que o conhecimento seja permeado de maneira não compartimentalizada, sendo, assim, utilizado pelo indivíduo como instrumento para a resolução de situações problema.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

As palavras cruzadas apresentadas neste trabalho foram construídas pensando na necessidade e importância da realização de práticas lúdicas de ensino com os estudantes da educação básica. De maneira que estes sejam levados à construção do conhecimento e à utilização do mesmo para a resolução de situações problema do cotidiano.

Entendemos que a divulgação dessas cruzadas para a comunidade científica

deve contribuir para o trabalho dos professores de Matemática e das Ciências da Natureza, pois estes poderão utilizar o material em suas aulas, seja como introdução ou revisão dos conteúdos. E ainda, inspira os professores a trabalharem a partir de temas, de forma que os conteúdos necessários para a compreensão do tema sejam abordados em conjunto e inter-relacionados.

REFERÊNCIAS

ALBARELI, A. C. et al. O lúdico, a criança e o educador. **EFDeportes.com**, Buenos Aires, ano 16, n. 163, dez. 2011. Disponível em: < <https://www.efdeportes.com/efd163/o-ludico-a-crianca-e-o-educador.htm>>. Acesso em: 16 fev. 2019.

AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. **Biologia**. v. 1. São Paulo: Moderna, 2010.

BENEDETTI, E. et al. Palavras cruzadas como recurso didático no ensino de teoria atômica. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 88-95, maio 2009.

BERGAMO, J. A. **Química encantada: os jogos no ensino da química**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso – Licenciatura em Química, Faculdade Integrada da Grande Fortaleza, Fortaleza, 2012. Disponível em: < <https://docplayer.com.br/993325-Quimica-encantada-os-jogos-no-ensino-da-quimica-joseila-aparecida-bergamo.html>>. Acesso em: 16 fev. 2019.

BONJORNO, J. R.; RAMOS, C. M. **Física fundamental** volume único. São Paulo: FTD, 1993.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio**. Brasília. 2000. Disponível em: < <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>>. Acesso em: 19 fev. 2019.

CUNHA, M. B. Jogos no ensino de química: considerações teóricas para sua utilização em sala de aula. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 34, n. 2, p. 92-98, maio 2012.

FILHO, C. R. D.; ANTEDOMENICO E. A perícia criminal e a interdisciplinaridade no ensino de ciências naturais. **Química Nova na Escola**. São Paulo, v. 32, n. 2, p. 67-72, maio 2010.

KALINKE, C.; POLLA, P. T. B. **Elaboração de atividades lúdicas de química com aplicação no ensino médio**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso – Licenciatura em Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2011.

KISHIMOTO, T. M. **O jogo e a educação infantil**. São Paulo: Pioneira, 1996.

MONTEIRO, J. M. A.; LIMA, M. B. Utilização de palavras-cruzadas na construção do conhecimento químico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO QUÍMICA. 9., 2011, Natal. **Resumos**. Natal: ABQ-RN, 2011. Disponível em: < <http://www.abq.org.br/simpequi/2011/trabalhos/82-10353.htm>>. Acesso em: 16 fev. 2019.

OLIVEIRA, A. S.; SOARES, M. H. F. B. Júri químico: uma atividade lúdica para discutir conceitos químicos. **Química Nova na Escola**. São Paulo, n. 21, p. 18-24, maio 2005.

OLIVEIRA, N. **Atividades de experimentação investigativas lúdicas no ensino de química: um estudo de caso**. 2009. Tese de Doutorado - Instituto de Química, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.

PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. **Química na abordagem do cotidiano**. v. 1. 4. ed. São Paulo: Moderna, 2010.

PEZZI, A; GOWDAK, D. O.; MATTOS, N. S. **Biologia: citologia, embriologia, histologia**. v. 2. 1. ed. São Paulo: FTD, 2010.

ROBAINA, J. V. L. **Química através do lúdico: brincando e aprendendo**. 1. ed. Canoas: ULBRA, 2008.

SANTOS, E. **Dominó químico: uma ferramenta para revisão e avaliação no ensino de química**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso – Licenciatura em Química, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Dourados, 2014.

SANTOS, W. L. P. et al. **Química cidadã**. 3 v. 2. ed. São Paulo: AJS, 2013.

SCAFI, S. H. F; BIAJONE. J. Desafio militar: missão dada é missão cumprida – contextualização e interdisciplinaridade na educação de química. **Química Nova na Escola**. São Paulo, v. 33, n. 3, p. 168-177, ago. 2011.

SILVA, H. **O uso do jogo no ensino de física com foco nas competências e habilidades exigidas pelo novo Enem**. 2012. Dissertação de Mestrado – Ensino de Ciências e Matemática, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca CEFET, Rio de Janeiro, 2012.

SOARES, M. H. F. B. **Jogos e atividades lúdicas para o ensino de química**. 2. ed. Goiânia: Kelps, 2015.

SOARES, M. H. F. B. **Jogos para o ensino de química**. Guarapari: Ex Libris, 2008.

QUANTIFICAÇÃO DE P-FENILENODIAMINA (PPD) EM FORMULAÇÃO DE CORANTE PERMANENTE DE CABELO

Maria Letícia Mendes Soares

Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – Unesp, Instituto de Química
Araraquara – São Paulo

Thamiris Costa dos Santos

Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – Unesp, Instituto de Química
Araraquara – São Paulo

Carolina Venturini Uliana

Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – Unesp, Instituto de Química
Araraquara – São Paulo

Mariele Mucio Pedroso

Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – Unesp, Instituto de Química
Araraquara – São Paulo

Hideko Yamanaka

Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – Unesp, Instituto de Química
Instituto Nacional de Tecnologias Alternativas para
Detecção, Avaliação Toxicológica e Remoção de
Contaminantes Emergentes e Radioativos – INCT-
DATREM
Araraquara – São Paulo

RESUMO: Disponíveis em grande variedade de cores e tons, os corantes de cabelo têm sido utilizados desde a antiguidade como agentes cosméticos, sendo que as técnicas de tingimento empregadas foram sendo alteradas

e aperfeiçoadas com o desenvolvimento da ciência. Existem diferentes tipos de colorações como as tinturas permanentes, semipermanentes ou tonalizantes e as temporárias, nos quais a fixação da cor envolve diferentes procedimentos. Um dos componentes das formulações de corantes permanentes é a p-fenilenodiamina (PPD), um agente precursor do corante que, na presença de agentes acopladores e oxidantes, forma compostos coloridos após penetração no córtex do cabelo. Segundo a ANVISA, a concentração máxima permitida de PPD é de 6,0 % m/m. Assim, no presente trabalho investigou-se a determinação da PPD em tintura permanente de cabelo empregando a técnica espectrofotométrica UV-visível. As medidas de absorbância foram realizadas no comprimento de onda 304 nm, na faixa de concentração de $5,0 \times 10^{-5}$ a $1,0 \times 10^{-3}$ mol L⁻¹ de PPD, obtendo-se a equação da reta $A = -0,01454 + 2153,4096 L \text{ mol}^{-1} [\text{PPD}]$, com $r = 0,9992$ e limites de detecção e quantificação de $5,6 \times 10^{-6}$ mol L⁻¹ e $1,8 \times 10^{-5}$ mol L⁻¹, respectivamente. A determinação da concentração de PPD em amostras de formulação de tintura de cabelo permanente foi realizada por meio da interpolação do valor de absorbância obtido na curva analítica e também utilizando o método de adição de padrão. A concentração de 31,5 mg de PPD em 1,00 g de creme, representando 3,15 % m/m, foi obtida

em ambos os métodos, indicando que a amostra não apresenta efeito de matriz. Os resultados obtidos indicaram que a concentração do analito encontrada na amostra pelo método proposto está de acordo com a legislação vigente.

PALAVRAS-CHAVE: p-fenilenodiamina (PPD), corante de cabelo, espectrometria UV-Vis.

QUANTIFICATION OF P-PHENYLENEDIAMINE (PPD) IN PERMANENT HAIR DYE FORMULATION

ABSTRACT: Available in a wide variety of colors and shades, hair dyes have been used since ancient times as cosmetic agents, and the dyeing techniques have been improved with the development of science. There are different types of dyes such as permanent, semi-permanent and temporary, in which color fixing involves different procedures. One of the compounds of the permanent dye formulations is p-phenylenediamine (PPD), a dye precursor agent that, in the presence of coupling and oxidizing agents, forms colored compounds after penetration into the hair cortex. According to ANVISA, the PPD maximum allowed concentration is 6.0% m/m. Thus, on the present work, the determination of PPD was investigated in permanent hair dye using the UV-visible spectrophotometry. The absorbance measurements were performed at wavelength 304 nm, in the PPD range concentration from 5.0×10^{-5} to 1.0×10^{-3} mol L⁻¹, yielding the straight equation $A = -0.01454 + 2153.4096 \text{ L mol}^{-1} [\text{PPD}]$, with $r = 0.9999$ and limits of detection and quantification of 5.6×10^{-6} mol L⁻¹ and 1.8×10^{-5} mol L⁻¹, respectively. Determination of PPD concentration in samples of permanent hair dye formulation was performed by interpolating the obtained absorbance value on the analytical curve and also using the standard addition method. The concentration of 31.5 mg of PPD in 1.00 g of cream, representing 3.15 % m/m, was obtained in both methods, indicating that the sample has no matrix effect. The results indicated that the concentration of analyte found in the sample by the proposed method is in accordance with current legislation.

KEYWORDS: p-phenylenediamine (PPD), hair dye, UV-Vis spectrometry.

1 | INTRODUÇÃO

Segundo dados de uma pesquisa realizada pela Pyxis Consumo, ferramenta de dimensionamento de mercado do IBOPE Inteligência, os gastos dos brasileiros com serviços pessoais relacionados à beleza, cuidados estéticos e bem-estar atingiram valores em torno de R\$ 46 bilhões no ano de 2015 (IBOPE Inteligência, 2015). Dentre os produtos de beleza consumidos, destacam-se os corantes de cabelo, utilizados por 26% da população brasileira, sendo que as mulheres representam 85% do total e os homens, 15% (INMETRO, 2013).

O processo de coloração capilar pode ser classificado de acordo com o tipo de fixação nos fios de cabelo, sendo temporário, semipermanente e permanente, ou também pelo mecanismo de reação com o fio de cabelo, sendo os corantes oxidativos ou corantes diretos. Os corantes diretos são depositados sobre os fios

do cabelo, sendo facilmente removidos após algumas lavagens e são classificados como corantes temporários e os corantes semipermanentes (Hudari *et al.*, 2016). As tinturas temporárias, frequentemente comercializadas na forma de loções, xampus e sprays, apresentam menor toxicidade devido a sua composição envolver compostos com alta solubilidade e altos pesos moleculares. Sua deposição ocorre a partir de interação de Van der Waals ou simples adsorção na cutícula do fio de cabelo, não sendo necessária a abertura do fio para a pigmentação (Hudari *et al.*, 2016). As tinturas do tipo semipermanente, também chamadas de tonalizantes, são aplicadas com o objetivo de escurecimento do cabelo e não para clarear os fios, uma vez que não contém peróxido de hidrogênio. Sua permanência é de aproximadamente 4 a 6 semanas e essa durabilidade se deve às estruturas de baixo peso molecular que permite que o corante se difunda para dentro da região do córtex do fio, ocorrendo interações de Van der Waals e interações polares fracas (Oliveira *et al.*, 2014).

Os corantes oxidativos ou permanentes são baseados na reação entre três componentes: um agente acoplador que consiste em compostos aromáticos com grupos doadores de elétrons tais como resorcinol e naftol; um agente precursor, geralmente aminas aromáticas como p-fenilenodiamina (PPD) e p-aminofenol e, por fim, um agente oxidante em meio alcalino, geralmente água oxigenada em meio de solução de amônio, que oxida o agente precursor formando um intermediário junto ao embranquecimento do fio de cabelo (Hudari *et al.*, 2016). Estes corantes são apresentados comercialmente na forma de kits e, quando a mistura é aplicada ao cabelo, os precursores e peróxido de hidrogênio difundem para dentro do fio, no qual, após reações químicas específicas, forma-se um composto colorido (Oliveira *et al.*, 2014).

Dentre os reagentes intermediários primários mais utilizados encontram-se a p-fenilenodiamina (PPD), cuja estrutura é mostrada na Figura 1. A oxidação desta substância e o acoplamento com outros modificadores permite a formação do corante desejado, porém é a estequiometria entre o agente precursor e o agente acoplador determina a coloração a ser atingida.

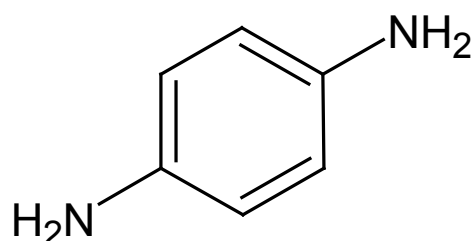


Figura 1. Estrutura química da molécula de PPD.

No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Anvisa, autoridade regulamentadora de produtos como tinturas de cabelo, estabelece que a quantidade máxima de PPD permitida é 6,0 % (m/m) (ANVISA, 2012). Estudos têm demonstrado

que a PPD e seus derivados podem causar danos à saúde, como dermatites, irritações alérgicas, problemas respiratórios, entre outros (Hudari *et al.*, 2016; Latha Saranya *et al.*, 2014).

Neste âmbito, surge a importância do desenvolvimento de métodos para o controle da quantidade de PPD nos produtos de colorações permanentes. Alguns trabalhos têm descrito a determinação de PPD em amostras de fluídos biológicos por diferentes técnicas como cromatografia gasosa, cromatografia líquida e espectrofotometria (Ahmed *et al.*, 2013; Hooff *et al.*, 2011; Latha Saranya *et al.*, 2014; Meyer, Blömeke e Fischer, 2009). A espectrofotometria ultravioleta e visível é uma técnica que permite uma simples aplicação e apresenta de forma rápida os resultados.

Durante as medidas, ao incidir luz sobre o analito, dependendo da estrutura do composto, pode haver absorção da radiação. Com equipamento denominado espectrofotômetro, mede-se a energia absorvida que se relaciona com a quantidade do analito por meio da Lei de Beer, descrita a seguir:

$$A = e \cdot b \cdot c$$

Sendo,

A: absorvância em dado comprimento de onda,

e: absorvidade molar do analito,

b: caminho óptico (distância percorrida pela luz na cubeta contendo o analito)

c= concentração expressa em mol por litro.

Um trabalho realizado por Latha Saranya *et al.*, 2014 mostrou a análise espectrofotométrica de PPD usando o reagente de Folin e a reação da ninidrina em tinturas de cabelo. O método mostrou boa linearidade, precisão, limite de detecção (LOD), limite de quantificação (LOQ), e robustez. No presente trabalho, investigou-se a determinação de PPD em amostras de formulações de tinturas de cabelo por espectrofotometria sem adição de outros reagentes, utilizando-se a metodologia da interpolação do valor obtido na curva analítica construída com solução padrão de PPD e também a de adição de padrão.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para o preparo da solução padrão de PPD utilizou-se 0,005 g de p-fenilenodiamina, fornecida pela Sigma-Aldrich, e adicionou-se 5,0 mL de uma solução de água/etanol 1:1, obtendo-se a concentração de $1,0 \times 10^{-2}$ mol L⁻¹. A solução foi armazenada em um frasco escuro. A partir da solução estoque, foram preparadas soluções de PPD no intervalo de concentração de $5,0 \times 10^{-5}$ a $1,0 \times 10^{-3}$ mol L⁻¹, diluídas em solução tampão BR 0,1 mol L⁻¹ pH 8,0, tais soluções foram utilizadas para a construção da curva analítica.

O preparo da solução da amostra de formulação de tintura de cabelo foi realizado pesando-se 1,00 g do creme comercial, adicionou-se 30,0 mL de água ultrapura e

agitou-se magneticamente a solução por 30 minutos.

As medidas para determinação de PPD na amostra de tintura de cabelo foram realizadas por espectrofotometria UV-Vis, utilizando-se uma cubeta de quartzo de 1,0 cm de caminho óptico e o equipamento Cary 60 UV-Vis da Agilent Technologies, no intervalo de comprimento de onda de 200 a 500 nm.

Inicialmente, 250 μL da solução da amostra foram diluídos ao volume final de 5,0 mL com água e foi obtido o espectro de absorção da amostra. O valor de absorbância obtido em 304 nm foi, então, interpolado na curva analítica, para obtenção do valor da concentração de PPD na amostra.

Na sequência, utilizou-se o método da adição de padrão para a determinação de PPD na amostra. Nesta etapa, foram transferidos 250 μL da solução da amostra previamente preparada a diferentes balões volumétricos de 5,0 mL. A cada balão, foram adicionadas diferentes alíquotas da solução padrão de PPD, gerando diferentes concentrações do padrão, e o volume foi completado até o menisco. Após obtenção dos espectros de absorção, os valores de absorbância obtidos em 304 nm foram representados em função da concentração de padrão de PPD e, por meio da extrapolação da curva, obteve-se o valor da concentração de PPD na amostra.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os espectros de absorção UV-Vis obtidos para diferentes concentrações de padrão de PPD, representados na Figura 2, indicam que a banda de absorção em 304 nm aumenta com o aumento da concentração de PPD. A respectiva curva analítica, mostrada na Figura 3, apresentou uma boa linearidade, sendo a equação da reta $A = -0,01454 + 2153,4096 \text{ L mol}^{-1} [\text{PPD}]$, com coeficiente de correlação de 0,9992. Os limites de detecção e de quantificação de $5,6 \times 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$ e $1,8 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$ respectivamente, foram calculados como $3\text{sd}/b$ e $10\text{sd}/b$, sendo sd o desvio padrão do branco e b a inclinação da curva analítica.

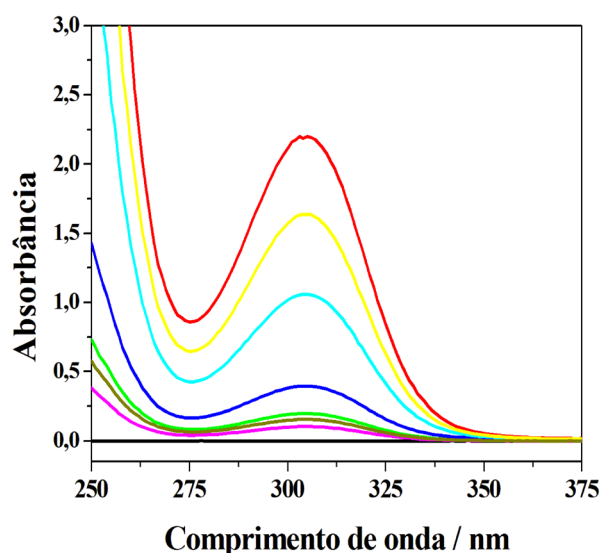


Figura 2. Espectros de absorção UV-Vis obtidos com a solução do branco (—) e com a solução padrão de PPD em concentrações $5,0 \times 10^{-5}$ (—); $8,0 \times 10^{-5}$ (—); $1,0 \times 10^{-4}$ (—); $2,0 \times 10^{-4}$ (—); $5,0 \times 10^{-4}$ (—); $8,0 \times 10^{-4}$ (—) e $1,0 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ (—).

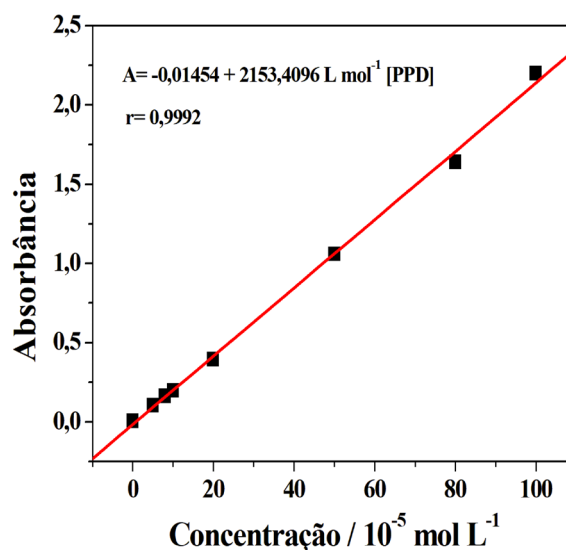


Figura 3. Curva analítica obtida por espectroscopia UV-Vis da solução de PPD.

Para a determinação da concentração de PPD contida na amostra, realizou-se uma medida da absorbância utilizando-se uma solução contendo apenas a amostra e o valor de absorbância obtido foi de $A = 1,02$. Por meio da interpolação do valor na curva analítica, utilizando-se a equação da reta, determinou-se a concentração de PPD como sendo de $4,82 \pm 0,07 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$, o que corresponde a 31,6 mg de PPD em 1,00 g de creme.

Com o intuito de confirmar se o valor obtido corresponde à concentração real de PPD na amostra e também para se verificar a presença de efeitos de matriz, medidas de absorbância foram realizadas também pelo método da adição de padrão.

Os espectros de absorção da solução da amostra após adição de diferentes concentrações de solução padrão de PPD são apresentadas na Figura 4. Verificou-se que houve um aumento da banda de absorção em 304 nm com o aumento da concentração de solução padrão de PPD. Os valores de absorbância em 304 nm foram representados em função da concentração de PPD padrão adicionada, conforme mostrado na Figura 5 e a concentração de PPD encontrada foi $4,80 \pm 0,03 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$, sendo equivalente a 31,5 mg de PPD em 1,00 g de creme.

Observa-se que a concentração de PPD na amostra obtida por interpolação na curva analítica e a concentração encontrada pelo método da adição de padrão foram muito semelhantes. Desta forma, é possível afirmar que não há interferência de outros compostos presentes no creme no sinal analítico, indicando ausência de efeitos de matriz. No rótulo do produto comercial analisado informa-se apenas os componentes presentes na composição da tintura e do creme mas não há informações referentes à concentração dos compostos, o que inviabiliza uma comparação do valor da

concentração determinado com o valor nominal.

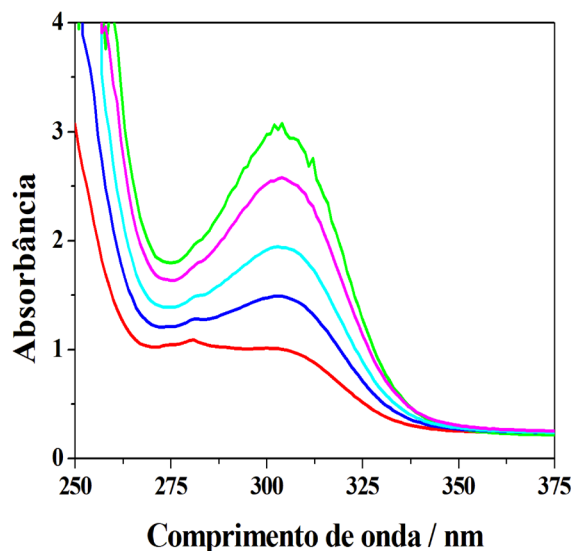


Figura 4. Espectros de absorção UV-Vis da solução da amostra na ausência (—) e na presença da solução padrão de PPD em concentrações de $2,5 \times 10^{-4}$ (—), $5,0 \times 10^{-4}$ (—), $7,5 \times 10^{-4}$ (—) e $1,0 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ (—).

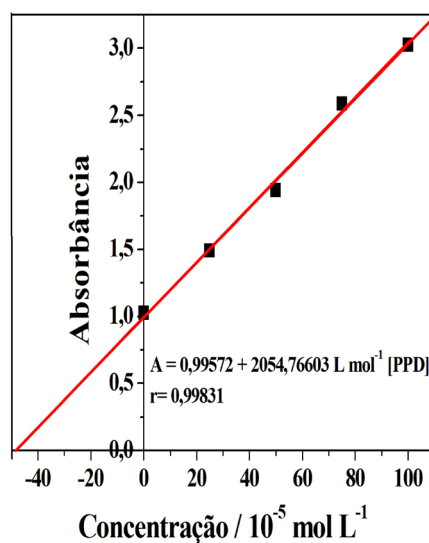


Figura 5. Curva de adição de padrão de PPD na solução da amostra de creme de tintura de cabelo.

Conforme descrito anteriormente, a ANVISA permite que produtos de tintura de cabelo tenham no máximo 6,0 % (m/m) de PPD e seus derivados, o que corresponde à quantidade de 60,0 mg em 1,00 g de creme. Considerando-se o valor de médio de concentração de PPD encontrado na amostra pelos métodos espectrofotométricos de $31,5 \pm 0,1 \text{ mg}$ em 1,0 g de creme, tem-se que o valor obtido experimentalmente está em concordância com as normas de legislação.

4 | CONCLUSÃO

A determinação espectrofotométrica de PPD em amostra de formulação de tintura de cabelo foi realizada com sucesso, obtendo-se o valor de 31,5 mg de PPD em 1,00 g de creme, sendo este valor dentro das especificações da ANVISA. Os métodos aplicados são considerados simples, confiáveis e reprodutíveis, podendo ser usado para análise de rotina de PPD em tintura de cabelo comercial, uma vez que há a ausência de efeitos de matriz.

REFERÊNCIAS

- AHMED, H. A. M. *et al.* Different analytical methods of para-phenylenediamine based hair dye. **Journal of Cosmetics, Dermatological Sciences and Applications**, n. 3, p. 17–25, Sep. 2013.
- ANVISA. **Resolução RDC nº 3, de 18 de janeiro de 2012**. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2012/rdc0003_18_01_2012.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2019.
- HOOFF, G. P. *et al.* Analytical investigations of toxic p-phenylenediamine (PPD) levels in clinical urine samples with special focus on MALDI-MS/MS. **PLoS ONE**, v. 6, n. 8, p. e22191, Aug. 2011.
- HUDARI, F. F. *et al.* Corantes de cabelo. In: _____. **Corantes: Caracterização Química, Toxicológica, Métodos de Detecção e Tratamento**. 1. ed. São Paulo: Cultura Acadêmica 2016. Cap. 5, p. 87-104.
- IBOPE INTELIGÊNCIA. **Brasileiros devem gastar R\$ 46 bilhões com serviços pessoais**. Disponível em: <<http://www.ibopeinteligencia.com/noticias-e-pesquisas/brasileiros-devem-gastar-r-46-bilhoes-com-servicos-pessoais/>>. Acesso em: 22 mar. 2019.
- INMETRO. **Tinturas para Cabelo**. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/tintura_cabelo.asp>. Acesso em: 22 mar. 2019.
- LATHA SARANYA, C. H. *et al.* Spectrophotometric determination of p-phenylenediamine in hair dyes. **Turkish Journal of Pharmaceutical Science**, v. 11, n. 3, p. 295–306, 2014.
- MEYER, A.; BLÖMEKE, B.; FISCHER, K. Determination of p-phenylenediamine and its metabolites MAPPD and DAPPD in biological samples using HPLC-DAD and amperometric detection. **Journal of Chromatography B**, v. 877, n. 16–17, p. 1627–1633, Jun. 2009.
- OLIVEIRA, R. A. G. *et al.* The chemistry and toxicity of hair dyes. **Química Nova**, v. 37, n. 6, p. 1037–1046, Jul. 2014.

RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DIRETO DO POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)

Mariana Basolli Borsatto

UNESP - Faculdade de Engenharia de Bauru
(FEB)
Bauru (SP)

Beatriz Garcia Silva

UNESP - Faculdade de Engenharia de Bauru
(FEB)
Bauru (SP)

Paulo César Lodi

UNESP - Faculdade de Engenharia de Bauru
(FEB)
Bauru (SP)

Rogério Custódio Azevedo Souza

UNESP - Faculdade de Engenharia de Bauru
(FEB)
Bauru (SP)

Bruna Rafaela Malaghini

UNESP - Faculdade de Engenharia de Bauru
(FEB)
Bauru (SP)

Caio Henrique Buranello dos Santos

UNESP - Faculdade de Engenharia de Bauru
(FEB)
Bauru (SP)

RESUMO: Este trabalho avaliou o cisalhamento direto de interface em amostras de poliestireno expandido (EPS) em equipamento convencional de acordo com a ASTM D3080. As amostras foram fornecidas por empresa nacional em

três diferentes massas específicas (10, 20 e 30 kg/m³). Foram utilizadas pressões normais de 10, 20, 30 e 40 kPa para as amostras de 10 e 20 kg/m³ e, para o maior valor de massa específica (30 kg/m³), pressões normais de 50 e 60 kPa também foram utilizadas. Os principais resultados mostram que, em termos de tensão versus deformação, nenhuma das massas específicas apresentou um pico de tensão definido. Com relação às amostras de 30 kg/m³, o material mostrou um padrão no comportamento relacionado às diferentes cargas aplicadas, apresentando curvas melhor definidas e um aumento nos valores de tensão de cisalhamento. A envoltória de ruptura obtida mostra que as amostras de 10 kg/m³ apresentaram parâmetros de resistência relativamente baixos quando comparados aos demais. Os valores estão de acordo com os valores da literatura nacional e internacional. Em geral, uma tendência no comportamento ao cisalhamento direto é observada: com o aumento da massa específica, há um decréscimo dos valores de coesão e um acréscimo dos valores de ângulo de atrito.

PALAVRAS-CHAVE: Poliestireno expandido (EPS), Resistência ao cisalhamento, Cisalhamento direto de interface.

ABSTRACT: This work evaluated interface direct shear in expanded polystyrene (EPS) samples

in conventional equipment according to ASTM D3080. The samples were supplied by a national company in three different specific masses (10, 20 and 30 kg / m³). Normal stress of 10, 20, 30 and 40 kPa were used for the 10 and 20 kg / m³ samples and, for the highest specific mass value (30 kg / m³), normal stress of 50 and 60 kPa were also used. The main results show that, in terms of stress-strain, none of the specific masses had a defined stress peak. Regarding the samples of 30 kg / m³, the material showed a pattern in the behavior related to the different loads applied, presenting better defined curves and an increase in the values of shear stress. The rupture envelope obtained shows that the samples of 10 kg / m³ presented relatively low resistance parameters when compared to the others. The values are in agreement with the ones of national and international literature. In general, a trend in direct shear behavior is observed: with an increasing on specific mass, there is a decrease in cohesion values and an increase in the friction angle values.

KEYWORDS: Expanded Polystyrene (EPS), Shear Strength, Interface Direct Shearing.

1 | INTRODUÇÃO

O poliestireno expandido (EPS), ou geoexpandido (Geofoam, do inglês), é um geossintético geralmente empregado em aplicações geotécnicas na forma prismática (retangular). Por possuir massa específica menor que a água (variações de 15 a 40 kg/m³), alta resistência mecânica e baixa compressibilidade, suas principais aplicações estão voltadas para obras onde seja necessário minimizar-se o tempo de execução bem como as tensões que chegarão ao solo ou cota de interesse, no caso de outros materiais, como em lajes de concreto, por exemplo. Dentre estas, podem-se elencar a construção de estradas sobre solos com baixa capacidade de suporte, alargamento de rodovias, aterros leves de encontros de pontes/viadutos e de aterros ferroviários, proteção de tubulações, oleodutos, pontões e estruturas enterradas, paisagismo e telhados verdes, estabilização de taludes, assentos/arquibancadas em estádios e teatros, barragens, aeroportos e pistas para taxiamento em geral, bem como outras aplicações especializadas (AVESANI NETO, 2008; SUN et al., 2009; MCGUIGAN and VALSANGKAR, 2010; JAFARI, 2010; STARK et al., 2012; BARTLETT et al., 2015).

O geoexpandido quando utilizado em aterro sobre solos moles, sub-base de pavimentos, encontro de pontes e outras aplicações subterrâneas sofre solicitações dinâmicas causadas pelo tráfego de veículos e solicitações de cargas constantes. No contexto da análise de estabilidade de estruturas leves que utilizam blocos, é necessário proceder-se à avaliação de análises internas e externas dos modos de ruptura. Em particular, uma análise de estabilidade externa de uma estrutura de blocos de geoexpandido requer conhecimento sobre o comportamento do cisalhamento de um bloco individual porque, frequentemente, o fator de segurança do plano de ruptura que passa através da montagem de bloco é investigado. Dessa forma, o comportamento da resistência ao cisalhamento ao longo da interface entre dois blocos de geoexpandido (EPS/EPS) necessita ser avaliado (ÖZER & AKAY, 2016).

Vários estudos tem sido conduzidos em interfaces de EPS/EPS para avaliar-se as propriedades de resistência ao cisalhamento (SHEELEY, 2000; SHEELEY & NEGUSSEY 2000; ATMATZIDIS et al., 2001; NEGUSSEY et al., 2001; BARRETT, 2008).

Apesar de diversas pesquisas sobre o produto e suas aplicações, nota-se que o manancial de informações sobre o EPS está restrito ainda ao contexto internacional, em particular, em aplicações de aterros moles, encontros de pontes e viadutos e bases de pavimentos (vejam-se por exemplo os trabalhos de SHEELEY, 2000; ELRAGI, 2000; ZOU et al. 2000; ATMATZIDIS ET AL. 2001; NEGUSSEY et al. 2001; SRIRAJAN, 2001; NEGUSSEY, 2002; ABU-HEJLEH et al., 2003; ATHANASOPOULOS ET AL. 2007; HORVATH, 2008; MCGUIGAN AND VALSANGKAR, 2010; JAFARI, 2010; STARK et al. 2012; BARTLETT et al. 2015).

No contexto do Brasil, poucos trabalhos foram desenvolvidos sobre o assunto. No âmbito das pesquisas e investigação de propriedades do material cita-se o trabalho de Avesani Neto (2008). No entanto, como cita o autor, a pesquisa foi finalizada deixando-se ainda alguns pontos adicionais a serem estudados como a resistência por meio de ensaios de cisalhamento direto. Esse ensaio pode ser realizado de duas formas, a saber: ensaio de cisalhamento interno ou de interface (na junta entre blocos). O ensaio de cisalhamento interno é realizado de acordo com a ASTM C273, porém sua realização é menos frequente, pois são normalmente substituídos por ensaios de compressão simples. Já o atrito de interface entre os blocos de EPS fornece um parâmetro importante de projeto, visando verificar-se a estabilidade tanto externa quanto interna de obras geotécnicas submetidas a cargas horizontais, como a ação do vento e outras cargas acidentais. O ensaio de cisalhamento direto de interface é realizado conforme a norma ASTM D3080, que é utilizada na determinação da resistência ao cisalhamento direto de solos e outros geossintéticos.

Dessa forma, esse trabalho apresenta alguns resultados referentes à resistência ao cisalhamento direto em diferentes densidades de geoexpandido.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O ensaio de cisalhamento direto foi realizado de modo a se obter parâmetros de contato entre dois blocos de EPS. Em solos, esse é normalizado pela ASTM D 3080 de 1998, entretanto, foram feitas algumas alterações no ensaio com EPS, seguindo os métodos utilizados por Avesani Neto (2008).

Nesse ensaio foram utilizadas duas placas de EPS com dimensões de 100 mm² e altura de 25 mm cada (Figura 3), de forma que estas se encaixavam no suporte e permitiam o contato entre as mesmas.

Aplicou-se tensões confinantes de 10, 20, 30, 40, 50 e 60 kPa, sendo as tensões de até 40 kPa utilizadas para as densidades menores (10 e 20 kg/m³) e as tensões maiores (50 e 60 kPa) foram acrescentadas à densidade maior (30 kg/m³), para melhorar

a representatividade dos resultados. Essas tensões foram escolhidas, de acordo com Avesani Neto (2008), de modo a representar as situações de campo, considerando que um aterro de geoexpandido possui baixo peso. Na fase de cisalhamento, aplicou-se um deslocamento relativo entre as placas, medindo-se simultaneamente, a força necessária para o deslocamento e a magnitude do deslocamento.

O ensaio foi realizado em um equipamento comumente utilizado para ensaios em solo (Figura 1).



Figura 1. Equipamento utilizado para os ensaios de cisalhamento direto.

A velocidade de execução do ensaio foi de 0,50 mm/min (equipamento servo controlado, conforme Figura 2). A figura 3 ilustra as amostras utilizadas no ensaio.



Figura 2. Painel de controle da máquina de ensaios de cisalhamento direto.

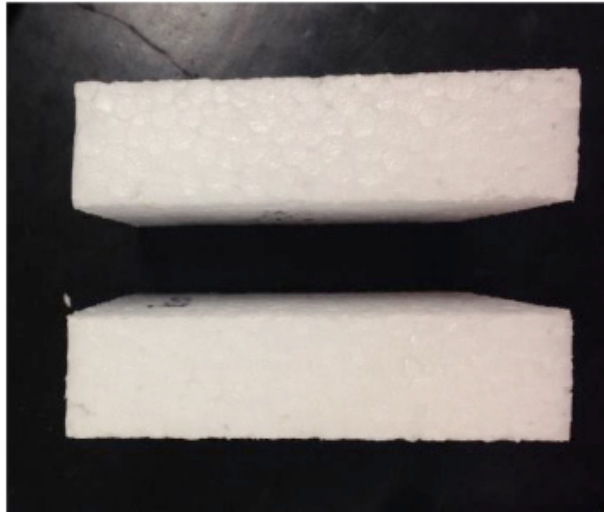


Figura 3. Detalhe de amostras utilizadas no ensaio de cisalhamento direto de interface.

3 | RESULTADOS E ANÁLISES

As figuras seguintes ilustram as curvas obtidas nos ensaios. Nestas, estão apresentadas no eixo vertical as tensões cisalhantes e no eixo das abscissas os valores dos deslocamentos horizontais.

Nota-se que para todas as densidades estudadas não há um pico de tensão definido, de forma que a curva tende a ficar constante.

Observou-se também que na densidade mais elevada (30 kg/m^3) o material mostrou um padrão no comportamento quando relacionado com as diferentes cargas aplicadas, apresentando curvas melhor definidas e um aumento nos valores das tensões de cisalhamento. No entanto, as densidades menores não apresentaram um aumento de tensão cisalhante proporcional à carga aplicada. Algo curioso aconteceu nos ensaios: percebe-se que as amostras de massa específica de 10 kg/m^3 , apresentaram valores maiores de resistência quando submetidas a uma tensão de confinamento de 20 kPa , sendo essa resistência menor, em geral, para tensões confinantes maiores. Não há uma explicação para esse fato, pois os valores de confinamento deveriam conduzir a maiores valores de resistência ao cisalhamento.

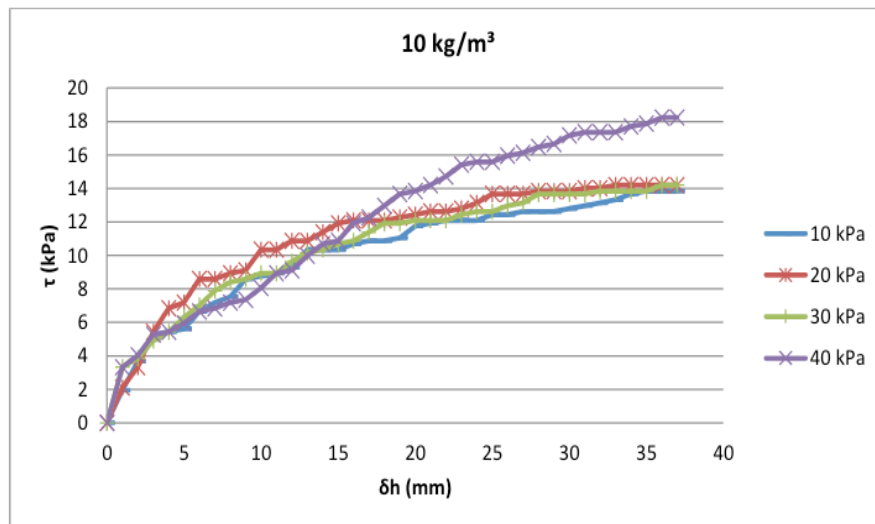


Figura 4. Resultado do ensaio na amostra de 10 kg/m³.

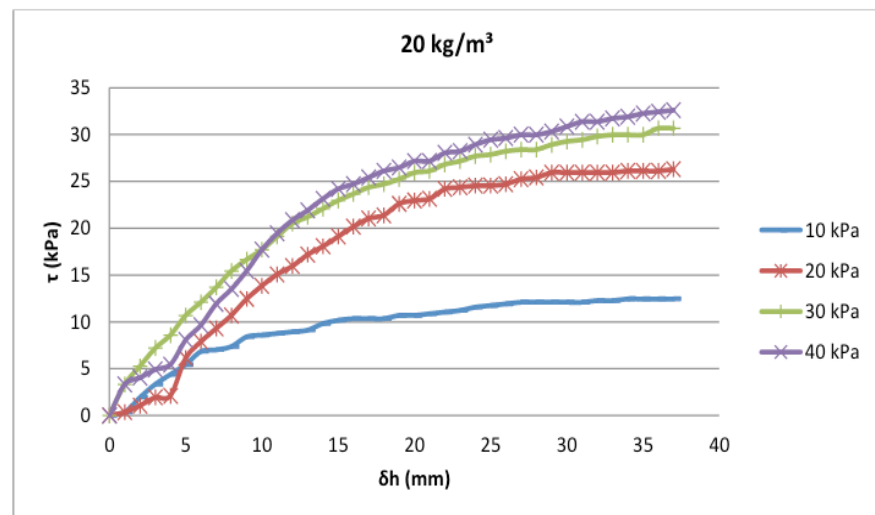


Figura 5. Resultado do ensaio na amostra de 20 kg/m³.

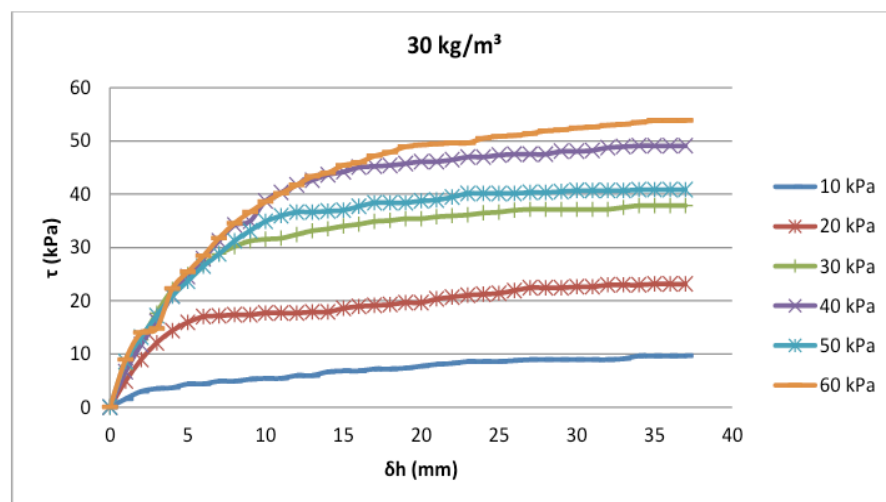


Figura 6. Resultado do ensaio na amostra de 30 kg/m³.

Com os dados do ensaio, foi possível traçar as envoltórias de resistência para cada massa específica estudada e desta envoltória determinaram-se os valores

de coesão e ângulo de atrito. Como não há valores de pico, adotou-se a tensão de cisalhamento para um deslocamento de 20 mm.

As envoltórias estão representadas na Figura 7 e foram agrupadas para facilitar a comparação dos resultados entre as diferentes densidades. O resumo dos parâmetros de resistência obtidos está apresentado na Tabela 1.

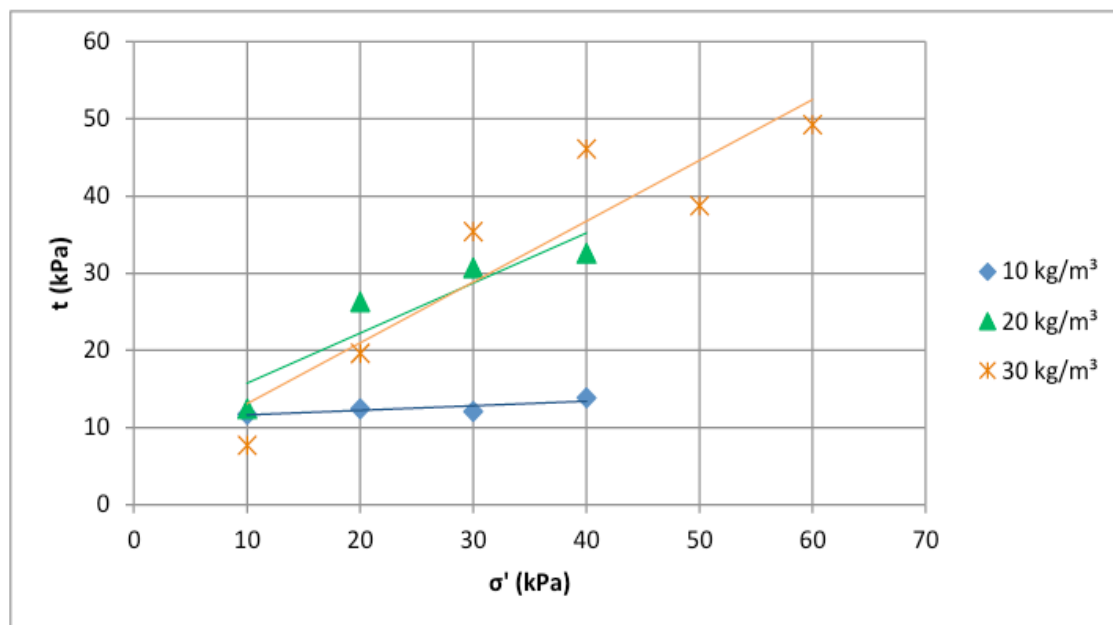


Figura 7. Envoltória de resistência das amostras de EPS.

| Densidade (kg/m³) | Coesão (kPa) | Ângulo de atrito (ϕ') |
|-------------------|--------------|------------------------------|
| 10 | 11 | 3,4 |
| 20 | 8,6 | 27,7 |
| 30 | 5,2 | 38,2 |

Tabela 1. Valores de coesão e ângulo de atrito para cada densidade estudada.

Nota-se pela Figura 7 que o material possui uma envoltória diferente para valores de massa específica mais elevada (20 e 30 kg/m³) quando comparada à envoltória de massa específica de 10 kg/m³.

Nas massas específicas mais elevadas, observou-se que há uma parcela de ângulo de atrito significativa, sendo estes bem maiores que os obtidos nas amostras de massa específica menor, a qual apresentou um comportamento predominantemente coesivo.

Observa-se ainda que o ângulo de atrito é proporcional à massa específica do EPS, assim como foi observado por Avesani Neto (2008). Isso mostra que para valores superiores de massa específica, há um aumento do ângulo de atrito. Além disso, é nítido uma relação inversamente proporcional entre o ângulo de atrito e a coesão, de modo que com o aumento da massa específica, o ângulo de atrito aumenta e a parcela coesiva diminui.

Analisando ainda a Figura 7, verifica-se que para valores maiores de massa

específica, os valores de tensão normal elevados conduzem a valores maiores de resistência. No entanto, para a tensão normal de 10 kPa, a amostra de menor massa específica possui maior resistência. Esse fenômeno também foi observado por Avesani Neto (2008) que afirma que isto se deve a maior plastificação sofrida pelas amostras de menor massa específica para altas cargas de confinamento, de modo que “para valores de confinamento reduzido (sem plastificação excessiva) a sua superfície com maior rugosidade incrementa o atrito entre os blocos, porém, para confinamentos mais elevados a plastificação é excessiva em ambos os blocos, tornando a transferência de carga menos eficiente e, conseqüentemente, reduzindo o atrito de interface.”

Isso mostra que quando submetido a tensões confinantes reduzidas, o que é comumente observado na prática, as amostras de EPS de baixas densidades apresentam um comportamento satisfatório.

4 | CONCLUSÕES

O ensaio de cisalhamento direto de interface mostrou que não há um pico de tensão definido nas curvas obtidas, de modo que essas tendem a ficar constantes.

Em termos de envoltórias obtidas, verificou-se que com o aumento da massa específica, o ângulo de atrito aumenta e a parcela coesiva diminui. Além disso, devido à plastificação sofrida pelas amostras de menor massa específica para altas cargas de confinamento, as amostras de EPS com maiores massas específicas possuem maior resistência sob tensões confinantes elevadas, enquanto que para tensão normal de 10 kPa, as amostras de menor massa específica possui maior resistência.

Notou-se ainda que, de forma geral, existe uma descontinuidade no comportamento das amostras de massa específica inferiores e superiores a 20 kg/m³, de modo que este valor seria um valor de transição entre amostras de baixa e elevada massa específica.

5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fapesp pelo apoio financeiro obtido para a realização da pesquisa; ao Laboratório de Geotecnia da Faculdade de Engenharia de Bauru – UNESP e à empresa Termotécnica pelo fornecimento do material.

REFERÊNCIAS

ABU-HEJLEH, N.M., ZORNBERG, J.G., ELIAS, V. WATCHARAMONTHEIN, J. (2003). **Design assessment of the founders/meadows GRS abutment structure.** In: *Proceedings of TRB 2003 Annual Meeting* CD-ROM.

ATHANASOPOULOS, G.A., NIKOLOPOULOU, C.P., XENAKI, V.C., STATHOPOULOU, V.D. (2007). **Reducing the seismic earth pressure on retainingwalls by EPS geofam buffers – numerical parametric study.** In: *CD Proceedings of 2007 Geosynthetics Conference*, Washington DC, USA, p. 15.

- ATMATZIDIS, D.K., MISSIRLIS, E.G., CHRYSIKOS, D.A. (2001). **An investigation of EPS geof foam behaviour in compression.** In: *EPS Geof foam 2001 – Proceedings of the 3rd International Conference*, 10–12 December, 2001, Salt Lake City, UT, USA (on CD-ROM).
- AVESANI NETO J. O. A. (2008). **Caracterização do comportamento geotécnico do EPS através de ensaios mecânicos e hidráulicos.** *Dissertação de Mestrado*, São Carlos, SP. 227 p.
- BARTLETT, S.F., BRET N. LINGWALL, B.N., VASLESTAD, J. (2015). **Methods of protecting buried pipelines and culverts in transportation infrastructure using EPS geof foam.** *Geotextiles and Geomembranes*, 43, p. 450-461.
- BARTLETT, S. F., LAWTON, E. C. (2008). **Evaluating the seismic stability and performance of freestanding geof foam embankment.** Proc., *6th National Seismic Conf. on Bridges and Highways, Federal Highways Administration (FHA) and Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research (MCEER)*, Buffalo, NY.
- ELRAGI, A. (2000). **Selected Engineering Properties and Applications of EPS Geof foam.** *Ph.D. thesis*, State University of New York, Syracuse, NY.
- HORVATH, J.S. (2008). **Extended Veletsos-Younan model for geof foam compressible inclusions behind rigid, non-yielding earth-retaining structures.** In: *Proceedings of the 4th Decennial Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics Conference*, Sacramento, California, May 18–22.
- JAFARI, H. (2010). **Mechanical and Hydraulic Behavior of Geosynthetic Aggregate Drainage Systems and the Effectiveness of Geof foam as a Compressible Inclusion over Flexible Pipe.** Submitted in Partial Fulfillment Of the requirements for a Degree with Honors (Civil Engineering), Helen Hardin Honors Program. University of Memphis.
- MCGUIGAN, B.L., VALSANGKAR, A.J. (2010). **Earth pressures on twin positive projecting and induced trench box culverts under high embankments.** *Can. Geotech. J.* 47 (2), 147e163, 10.1139/T09-085.
- NEGUSSEY, D. (2002). **Slope Stabilization with Geof foam. Report to FHWA and the EPS Industry.** *Geof foam Research Center*, Syracuse University.
- NEGUSSEY, D., STUEDLEIN, A., BARTLETT, S.F., FARNSWORTH, F. (2001). **Performance of a Geof foam Embankment at 100 South, I-15 Reconstruction Project, Salt Lake City.** In: *Proceedings of the 3rd International Conference on EPS Geof foam*, Salt Lake City, UT.
- ÖZER, A, AKAY, O. (2016). **Interface Shear Strength Characteristics of Interlocked EPS-Block Geof foam.** *J. Mater. Civ. Eng.*, 28(4): 04015156.
- SHEELEY, M. (2000). **Slope Stabilization Utilizing Geof foam.** *Master's thesis*, Syracuse University, New York.
- SHEELEY, M., AND NEGUSSEY, D. (2000). **An investigation of Geof foam interface strength behavior.** Geotechnical Special Publication No. 112, Proc., *Soft Ground Technology Conf.*, ASCE, Reston, VA, 292–303.
- SRIRAJAN, S. (2001). **Recycled Content and Creep Performance of EPS Geof foam in Slope Stabilization.** *Master's thesis*, Syracuse University, New York.
- STARK, T.D., BARTLETT, S.F., ARELLANO, D. (2012). **Expanded Polystyrene (EPS) Geof foam Applications and Technical Data.** *The EPS Industry Alliance*, 1298 Cronson Blvd., Suite 201, Crofton, MD 21114, p. 36.

SUN, L., HOPKINS, T.C., BECKHAM, T.L. (2009). **Reduction of Stresses on Buried Rigid Highway Structures Using the Imperfect Ditch Method and Expanded Polystyrene (Geofoam)**. Research Report KTC-07-14/SPR-228-01-1F. Kentucky Transportation Center, University of Kentucky, Lexington Kentucky, 49 p.

ZOU, Y., SMALL, J.C., LEO, C.J. (2000). **Behaviour of EPS geofoam in model test on pavements**. *Geosynthetics International* 7 (1), 1–22.

SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHO PARA O DESENVOLVIMENTO SEGURO DE BIOPROCESSOS

Milson dos Santos Barbosa

Universidade Tiradentes
Aracaju – Sergipe

Lays Carvalho De Almeida

Universidade Tiradentes
Aracaju – Sergipe

Isabelle Maria Duarte Gonzaga

Universidade Tiradentes
Aracaju – Sergipe

Aline Resende Dória

Universidade Tiradentes
Aracaju – Sergipe

Luma Mirely Souza Brandão

Universidade Tiradentes
Aracaju – Sergipe

Isabela Nascimento Souza

Universidade Tiradentes
Aracaju – Sergipe

Débora da Silva Vilar

Universidade Tiradentes
Aracaju – Sergipe

Juliana Lisboa Santana

Universidade Tiradentes
Aracaju – Sergipe

Priscilla Sayonara de Sousa Brandão

Universidade Federal do Vale do São Francisco
Petrolina – Pernambuco

RESUMO: Processos biotecnológicos se tornaram uma excelente alternativa para substituição total ou parcial de processos químicos convencionais. Embora tenham sido implementados em grande escala em alguns países, a segurança de tais processos ainda não foi plenamente analisada. Os riscos dos processos biotecnológicos implicam na necessidade de planejar e desenvolver bioprocessos seguros, com alta segurança para todos os trabalhadores envolvidos. Os objetivos desta abordagem são enfatizar a importância de considerar e controlar os potenciais riscos adversos dos bioprocessos, a fim de desenvolver suas capacidades e benefícios de forma segura. A principal área de preocupação é o potencial impacto negativo sobre os trabalhadores, uma vez que podem estar diretamente expostos aos riscos e perigos potenciais dos processos biocatalíticos. Muitos países analisam a legislação existente para verificar sua adequação e criar normas específicas para bioprocessos. Muitas organizações internacionais também estão se envolvendo e, de forma otimista, os regulamentos que estão sendo desenvolvidos e podem ser aplicados de forma adequada. Essas demandas levam ao consenso que formas de proteção aos trabalhadores de bioprocessos devem ser avaliadas caso a caso.

PALAVRAS-CHAVE: Bioprocessos. Segurança do trabalho. Riscos.

ABSTRACT: Biotechnological processes are becoming an excellent alternative for total or partial replacement of conventional chemical processes. Although they have been implemented on a large scale in some countries, the safety of such processes has not yet been fully analyzed. The hazards of biotechnological processes imply the need to plan and develop safe bioprocesses with high safety for all workers involved. The objectives of this approach are to emphasize the importance of considering and controlling the potential adverse risks of bioprocesses in order to develop their capabilities and benefits safely. The main area of concern is the potential negative impact on workers, since they may be directly exposed to the potential risks and hazards of biocatalytic processes. Many countries review existing legislation to verify their suitability and to create specific standards for bioprocesses. Many international organizations are also getting involved and, optimistically, the regulations that are being developed and can be applied properly. These demands lead to consensus that forms of protection for bioprocess workers should be evaluated on a case-by-case basis.

KEYWORDS: Bioprocesses, work safety, risks.

1 | INTRODUÇÃO

Bioprocessos são etapas de transformação que ocorrem por meio de agentes biológicos como enzimas, micro-organismos ou células animais e vegetais. São conhecidos e utilizados pelo homem há milhares de anos, porém nas últimas décadas vêm ganhando destaque como alternativas sustentáveis e soluções inovadoras para a indústria (DORAN, 1995; SHULER *et al.*, 2017). Com intuito de minimizar a dependência dos combustíveis fósseis e problemas ao meio ambiente, esforços científicos e tecnológicos têm buscado o desenvolvimento de bioprocessos para desenvolver ou modificar processos e produtos, tendo como princípio fundamental o uso de sistemas biológicos. Neste cenário, nos últimos 20 anos, os bioprocessos tornaram-se mais comuns e encontraram aplicação na produção de produtos químicos e combustíveis, além de produtos de alto valor, como produtos de química fina, produtos farmacêuticos e seus intermediários (NEUBAUER *et al.*, 2013; TAKORS, 2012).

Apesar disso, a ênfase nas engenharias de processos é a implementação rápida de processos biotecnológicos rentáveis, em vez do seu desenvolvimento seguro. Os bioprocessos são frequentemente justificados como processos com impacto ambiental potencialmente menor do que em tecnologias químicas convencionais. As principais operações em bioprocessos incluem fermentação, catálise microbiana e catálise enzimática (OLSO *et al.*, 2012). O processamento de alguns bioprodutos pode incluir grandes quantidades de solventes orgânicos para extração a partir de soluções aquosas. Nestes casos, tanto os micro-organismos quanto os solventes orgânicos requerem processamento, reciclagem, controle e, em última análise, descarte seguro. No entanto, apesar dos bioprodutos serem comumente processados de forma semelhante a outros produtos químicos, as matérias-primas utilizadas e as condições

de processos são distintas. Isso implica dizer que restrições específicas de saúde e segurança do trabalho devem ser mensuradas, posto que os riscos estão diretamente relacionados aos meios e às condições em que as operações ocorrem (MORENO e CAZZONI, 2018).

Os trabalhadores são as primeiras pessoas expostas aos perigos potenciais de qualquer nova tecnologia, incluindo os bioprocessos, uma vez que estão envolvidos na pesquisa, desenvolvimento, fabricação, produção, uso, reciclagem e eliminação de bioprodutos (QUINLAN *et al.*, 2001). Os trabalhadores frequentemente têm a maior exposição, o que pode ocorrer no início do desenvolvimento de uma tecnologia quando os perigos e os riscos são incertos. Se a exposição prejudica os trabalhadores, os bioprocessos não estão sendo desenvolvidos de forma responsável. Ademais, antecipar e prevenir danos ao meio ambiente também faz parte do desenvolvimento responsável e seguro de bioprodutos, como forma de não afetar negativamente a sociedade (ARONSSON, 1999; VISCUSI, 1993).

Com o crescente número de países que adotaram tecnologias de bioprocessos em suas atividades de pesquisa e de desenvolvimento industrial, as questões de higiene e segurança estão ganhando importância para garantir a segurança dos trabalhadores e do meio ambiente. No entanto, com o rápido avanço e uso generalizado dos bioprocessos, tem crescido o quantitativo de problemas decorrentes da falta de conhecimento e conscientização dos sistemas de gerenciamento de riscos para a mitigação dos riscos (KUMAR, 2015; FROMMER, 1990).

Reconhecendo a necessidade de regulamentos mais específicos para contenção, detecção, diagnóstico e tratamento dos riscos associados às atividades de pesquisa e desenvolvimento de bioprocessos, o presente estudo relata a situação atual da saúde e segurança em processos biotecnológicos, ressaltando a importância de analisar e controlar os potenciais riscos, a fim de desenvolver bioprocessos de forma segura.

2 | METODOLOGIA

Foram realizadas buscas sistemáticas em importantes bases de dados bibliográficos nacionais e internacionais sobre saúde e segurança do trabalho em bioprocessos e áreas afins. As referências levantadas são estudos científicos, como artigos e livros, publicados em periódicos indexados e especializados no contexto abordado. Além disso, teve-se como suporte a legislação vigente, expressa pela Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) e composta por uma série de Normas Regulamentadoras (NR), dentre as quais englobam os trabalhos realizados em processos biocatalíticos, a exemplo: NR 9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais; NR 12 – Máquinas e Equipamentos; NR 15 – Atividades e operações insalubres; NR 16 – Atividades e operações perigosas; e NR 25 – Resíduos Industriais.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desenvolvimento seguro de bioprocessos, que imprime a segurança dos trabalhadores durante o desenvolvimento de processos enzimáticos e fermentativos, pode proporcionar benefícios as indústrias, empresas, trabalhadores e a população em geral. Os benefícios sociais e comerciais estão relacionados com a difusão dos bioprocessos, que podem incluir bons empregos de alta remuneração, aproveitamento de resíduos e produtos inovadores que abordam problemas sociais críticos em materiais, saúde, transporte, energia e poluição. Além dos ganhos sociais, a segurança do trabalho também se beneficia com o interesse em processos industriais mais seguros, com sensores habilitados para a detecção de agentes perigosos, equipamentos de proteção apropriados e mais específicos que os utilizados em processos tradicionais (BARAM, 2009).

Para que isso ocorra, medidas de precauções rigorosas de segurança devem ser implementadas. Visto que em bioprocessos podem existir altos níveis de incerteza sobre o potencial risco para a saúde, até que dados consistentes estejam disponíveis. Para que os insumos e produtos baseados em processos biotecnológicos sejam promovidos e seus benefícios possam ser aproveitados, é necessário provar que quaisquer riscos para a saúde associados à exposição a bioprocessos podem ser minimizados. Não pode haver desenvolvimento responsável de bioprocessos se os trabalhadores forem prejudicados. Manter a saúde e a segurança do trabalho enquanto desenvolve-se bioprocessos é uma tarefa difícil, mas como esses dois aspectos estão vinculados, essa combinação deve ser promovida como um critério importante para o desenvolvimento seguro de qualquer processo industrial.

O desenvolvimento responsável e seguro em bioprocessos exige que todos os envolvidos compreendam questões complexas de riscos, perigos, exposição, dose e controle, bem como o potencial de impacto dos produtos obtidos no mercado. As empresas, o governo, o trabalho e outras organizações devem investir na conformidade com a orientação preventiva para proteger os trabalhadores envolvidos, e assim, contribuir para o desenvolvimento seguro de processos biotecnológicos. Além disso, após esse investimento, é importante que todos os empregadores avaliem se seus empregados estão expostos a riscos inerentes aos processos.

A avaliação das exposições no local de trabalho é responsabilidade do empregador, no entanto, incumbe às agências governamentais e outras organizações avaliarem continuamente até que ponto as exposições dos trabalhadores são controladas. A exposição é um fator crítico que impulsiona o risco e, portanto, os esforços contínuos para identificar perigos e determinar as exposições no local de trabalho são necessários para desenvolver e atualizar a orientação de gerenciamento de risco (NAUTA *et al.*, 2012). A fim de minimizar as exposições, os empregadores precisam saber e devem avaliar com que frequência as exposições realmente ocorrem, bem como a sua magnitude. Para definir adequadamente a exposição ocupacional

aos bioprocessos, as informações obtidas pelo monitoramento no local de trabalho podem ser complementadas por estratégias de monitoramento biológico que avaliam a exposição por todas as rotas.

A avaliação da exposição é de extrema importância por estar diretamente relacionado ao desenvolvimento responsável dos bioprocessos. Isso inclui a identificação dos riscos, tanto em termos de exposição real quanto ao potencial de exposição com os efeitos adversos. Os dados de avaliação da exposição também podem servir como um quadro de amostragem para a formação de registros de exposição que podem ser usados como base em futuros treinamentos relacionados aos processos de forma mais específica (SCARPONI *et al.*, 2015). Os dados de avaliação da exposição também podem ser utilizados na avaliação de riscos e na definição de limites de exposição ocupacional. Não basta apenas avaliar os riscos, é importante que os empregadores, agências governamentais e outras organizações fomentadoras de segurança e saúde do trabalho comuniquem o que se sabe sobre os riscos. Assim, a divulgação adequada dos dados de exposição aos riscos de cada processo biológico possibilita a tomada de decisões iniciais de gerenciamento de risco, ao mesmo tempo que identifica e reconhece as incertezas relacionadas à processos biotecnológicos (HAAS *et al.*, 1999).

Embora os empregadores sejam responsáveis pela gestão dos riscos, eles geralmente só cumprem esse seu papel que são orientados pelas autoridades governamentais. Isto é especialmente verdadeiro para bioprocessos, para os quais a complexidade de riscos inerentes é elevada e a base de conhecimento direcionado à segurança é limitada. Atualmente, a orientação geral das autoridades tem sido estar ciente de onde os bioprocessos são aplicados e, como medida de precaução, controlar as exposições quando possível. Via de regra, compete a empresa utilizar a melhor orientação para o controle de exposições no local de trabalho (incluindo treinamento de trabalhadores), e, cabe aos trabalhadores a responsabilidade de cooperar com os empregadores na implementação de processos de gerenciamento de risco (CAGNO *et al.*, 2002).

Vários trabalhos discutiram a necessidade de regulamentação de procedimentos seguros voltados à bioprocessos, semelhante à regulamentação de outros riscos e perigos associados a processos convencionais (CASKEY *et al.*, 2010; MORENO e CAZZONI, 2016). Ainda que alguns regulamentos gerais existentes possam atender aos requisitos dos processos biológicos e afins, os órgãos regulamentadores insistem na implementação de boas práticas de gestão de risco para a promoção do desenvolvimento responsável de processos biotecnológicos. Em suma, esses trabalhos relatam alguns critérios globais para a prática segura envolvendo bioprocessos, são elas (FROMMER, 1990; OLSO *et al.*, 2012; MORENO e CAZZONI, 2018):

- A saúde dos trabalhadores não deve ser prejudicada em trabalhos envolvendo bioprocessos;

- A transparência e a rastreabilidade são essenciais para informar aos empregadores e trabalhadores e os riscos e perigos associados à bioprocessos;
- As avaliações de riscos devem ser realizadas para informar as decisões de limites de exposição para bioprocessos aos quais os trabalhadores podem estar expostos;
- Os bioprocessos devem aplicar os princípios de “tecnologias seguras” a materiais e em processos combinados, como prática recomendada para proteger os trabalhadores e o meio ambiente;
- Sistemas de alerta precoce e equipamentos de proteção individuais e coletivos específicos precisam ser desenvolvidos para monitorar a saúde dos trabalhadores;
- Práticas de higiene industrial bem estabelecidas são apropriadas para enfrentar riscos e perigos de bioprocessos;
- Programas de gerenciamento de riscos (como por exemplo, avaliação de exposições, implementação de controles de exposição, treinamento, fiscalização frequente) para bioprocessos devem ser vistos como parte de um programa geral de segurança e saúde ocupacional para qualquer empresa ou local de trabalho produzindo ou usando bioprodutos.

De forma geral, os riscos associados à bioprocessos podem ser reduzidos e controlados pela aplicação correta de procedimentos internacionalmente reconhecidos, como técnicas microbiológicas apropriadas, aparelhos adequados de contenção, instalações adequadas, barreiras de proteção e treinamentos especializados dos trabalhadores envolvidos. Para evitar danos ocupacionais, é necessário conhecimento sobre procedimentos e técnicas microbiológicas padronizados e o uso de dispositivos de contenção, instalações e barreiras de proteção. Treinamento e educação sobre epidemiologia, patogenicidade, e os riscos biológicos e químicos dos micro-organismos e solventes orgânicos envolvidos podem prevenir ou diminuir os efeitos adversos. Desta forma, a comunidade científica e industrial pode se beneficiar das lições aprendidas no passado para antecipar futuros problemas.

4 | CONCLUSÕES

Bioprocessos são excelentes alternativas para processos industriais e já foram implementados para a produção em grande escala. Apesar da sua importância, a segurança de tais processos ainda não foi sistematicamente analisada e estudada. Os riscos dos processos biotecnológicos envolvem tanto riscos de processos químicos convencionais quanto riscos biológicos relacionados à presença de micro-organismos. Os métodos existentes para a avaliação dos riscos ligados aos bioprocessos consistem em etapas similares às aplicadas comumente na avaliação de riscos químicos, tais como: identificação e caracterização dos riscos biológicos; estimativa da exposição e suas consequências; e mitigação do risco. Em bioprocessos, a etapa de identificação

de riscos desempenha um papel crítico, já que todos os riscos não identificados levam a riscos não gerenciados e, portanto, descontrolados. Portanto, é crucial reconhecer os riscos específicos dos bioprocessos industriais para assegurar sua expansão e desenvolver operações seguras. Embora os bioprocessos sejam geralmente percebidos como tecnologias mais seguras, tendo um impacto menor do que os processos químicos convencionais, acidentes recentes afetaram esse setor industrial. Tais acidentes podem ser considerados como avisos antecipados de uma questão de risco emergente e, a partir de então, o desenvolvimento seguro de bioprocessos como nova alternativa ou como complemento dos métodos existentes de produção de produtos químicos é uma realidade que vem crescendo cada vez mais.

REFERÊNCIAS

ARONSSON, G. **Contingent workers and health and safety**. *Work, employment and society*, v. 13, n. 3, p. 439-459, 1999.

BARAM, M. **Biotechnological research on the most dangerous pathogens: Challenges for risk governance and safety management**. *Safety science*, v. 47, n. 6, p. 890-898, 2009.

CAGNO, E.; CARON, F.; MANCINI, M. **Risk analysis in plant commissioning: the Multilevel Hazop**. *Reliability Engineering & System Safety*, v. 77, n. 3, p. 309-323, 2002.

CASKEY, S. A.; GAUDIOSO, J. M.; SALERNO, R. M.; WAGNER, S. M.; SHIGEMATSU, M.; RISI, G.; PRAT, E. **Biosafety risk assessment methodology**. Sandia National Lab.(SNL-NM), Albuquerque, NM (United States), 2010.

DORAN, P. M. **Bioprocess engineering principles**. Academic press, 1995.

FROMMER, W. **Safety aspects in biotechnology**. *Food Biotechnology*, v. 4, n. 1, p. 611-624, 1990.

HAAS, C. N.; ROSE, J. B.; GERBA, C. P. **Quantitative microbial risk assessment**. John Wiley & Sons, 1999.

KUMAR, S. **Biosafety and biosecurity issues in biotechnology research**. *Biosafety*, v. 4, n. 01, p. 153, 2015.

MORENO, V. C.; COZZANI, V. **Integrated hazard identification within the risk management of industrial biological processes**. *Safety Science*, v. 103, p. 340-351, 2018.

MORENO, V. C.; GIACOMINI, E.; COZZANI, V. **Identification of Major Accident Hazards in Industrial Biological Processes**. *Chemical Engineering*, v. 48, 2016.

NAUTA, M.; LINDQVIST, R.; ZWIETERING, M. **Tools for Microbiological risk assessment**. 2012.

NEUBAUER, P.; CRUZ, N.; GLAUCHE, F.; JUNNE, S.; KNEPPER, A.; RAVEN, M. **Consistent development of bioprocesses from microliter cultures to the industrial scale**. *Engineering in Life Sciences*, v. 13, n. 3, p. 224-238, 2013.

OLSON, D. G.; MCBRIDE, J. E.; SHAW, A. J.; LYND, L. R. **Recent progress in consolidated bioprocessing**. *Current opinion in biotechnology*, v. 23, n. 3, p. 396-405, 2012.

QUINLAN, M.; MAYHEW, C.; BOHLE, P. **The global expansion of precarious employment, work disorganization, and consequences for occupational health: a review of recent research.** International journal of health services, v. 31, n. 2, p. 335-414, 2001.

SCARPONI, G. E.; GUGLIELMI, D.; MORENO, C. V.; COZZANI, V. **Risk assessment of a biogas production and upgrading plant.** Chem Eng Trans, v. 43, p. 1921-1926, 2015.

SHULER, M. L.; KARGI, F.; DELISA, M. **Bioprocess engineering: basic concepts.** Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 2017.

TAKORS, R. **Scale-up of microbial processes: impacts, tools and open questions.** Journal of biotechnology, v. 160, n. 1-2, p. 3-9, 2012.

VISCUSI, W. K. **The value of risks to life and health.** Journal of economic literature, v. 31, n. 4, p. 1912-1946, 1993.

SÍNTESE DOS NÍVEIS INTERPRETANTES DAS ESTAÇÕES DO ANO APRESENTADOS POR FUTUROS PROFESSORES DE CIÊNCIAS

Daniel Trevisan Sanzovo

Universidade Estadual do Norte do Paraná,
Campus de Jacarezinho, CCHE, Colegiado de
Matemática
Jacarezinho - PR

Carlos Eduardo Laburú

Universidade Estadual de Londrina, Departamento
de Física
Londrina - PR

RESUMO: O presente trabalho apresenta os principais resultados de uma investigação, em nível de doutorado, que procurou responder a questão de pesquisa de qual nível de significado, embasado numa leitura dos níveis interpretantes de Peirce, os estudantes de graduação de Ciências Biológicas apresentam após a utilização de uma estratégia fundamentada na Diversidade Representacional acerca de conteúdos de astronomia. Expõe-se uma síntese dos níveis interpretantes apresentados pelos estudantes a respeito das estações do ano. Grande parte dos pesquisados acabaram atingindo níveis mais profundos de significado após o uso da metodologia adotada, corroborando com a eficácia do instrumento analítico como ferramenta a ser utilizada em sala de aula, bem como a do emprego da

Diversidade Representacional.

PALAVRAS-CHAVE: Níveis Interpretantes; Charles Sanders Peirce; Estações do Ano; Diversidade Representacional.¹

ABSTRACT: This paper presents the main results of an investigation at the doctoral level that sought to answer the research question of what level of meaning, based on a reading of the interpretant levels of Peirce, undergraduate students of Biological Sciences present after the use of a strategy based on Representational Diversity about astronomy contents. A summary of the interpretant levels presented by the students regarding the seasons of the year is presented. Most of the respondents ended up reaching deeper levels of meaning after using the methodology adopted, corroborating the effectiveness of the analytical instrument as a tool to be used in the classroom, as well as the use of Representational Diversity.

KEYWORDS: Interpretant Levels; Charles Sanders Peirce; Seasons; Representational Diversity.

1 | INTRODUÇÃO

Para o filósofo, lógico, matemático, físico, astrônomo e químico norte americano Charles

¹ Este artigo foi publicado, em 2018, no V Simpósio Nacional de Educação em Astronomia. Disponível em <<https://sab-astro.org.br/eventos/snea/v-snea/>>.

Sanders Peirce (1839-1914), o signo é composto de uma relação triádica entre o *representamen*, aquilo que representa algo para alguém, o *objeto*, alguma coisa que o signo representa, e o *interpretante* (PEIRCE, 2005). Devido à qualidade dual dos objetos fez com que o filósofo americano os categorizasse como Objeto Imediato, aquele que o signo representa, e Objeto Dinâmico do signo, sendo o objeto como ele realmente é (ibid.). O primeiro é o recorte específico do segundo, sendo o modo pelo qual o Objeto Dinâmico é sugerido, referido ou indicado pelo signo (SANTAELLA, 2005a). A imagem vista através de uma janela, por exemplo, é um signo, sendo aquilo que é e *não é* mostrado por ela seu objeto dinâmico. Como a janela possui limites físicos daquilo que exhibe, o enquadramento, isto é, o modo como o objeto dinâmico aparece naquela porção específica, é denominado objeto imediato daquele signo.

Com relação ao interpretante, Peirce acrescenta uma terceira classificação com relação ao interpretante, pois a dicotomia encontrada para o objeto “não é suficiente de modo algum” (PEIRCE, 2005, p.168), classificando-o em termos das categorias de sua fenomenologia, em Imediato (primeiridade), Dinâmico (secundidade) e Final (terceiridade). O Interpretante Imediato é tudo aquilo que o signo imediatamente expressa, consistindo em uma qualidade da impressão que um signo está apto a produzir, sendo o interpretante tal como é revelado pela compreensão do próprio signo (CP 4.536; CP 8.314; CP 8.315)², sendo uma propriedade objetiva do signo para significar e implica noção de potencial ainda não realizado, possibilidade de interpretação ainda em abstrato, aquilo que o signo está apto a produzir como efeito numa mente interpretante qualquer, isenta de mediação e análise, constituindo uma impressão total ainda não analisada que se espera que o signo possa produzir (SANTAELLA, 2004; 2005a). O Interpretante Dinâmico é o efeito efetivamente produzido pelo signo na mente do intérprete (CP 4.536; CP 8.315; CP 8.343), e é ainda classificado em Emocional, quando o efeito se realiza como qualidade de sentimento, Energético, efeito é da ordem de um esforço físico ou psicológico, e Lógico, que funciona como uma regra de interpretação (SANTAELLA, 2005a)³. Como último estágio, temos o interpretante Final, que seria o efeito semiótico pleno do signo, a norma ou a fronteira ideal e aproximável, mas inatingível, para a qual os interpretantes dinâmicos tendem a caminhar ao longo do tempo (CP 4.536).

Em referência ao problema do que seja o significado de um conceito intelectual, o semioticista estadunidense afirma que a sua solução passa pela ideia dos interpretantes ou, mais propriamente, dos efeitos interpretantes dos signos, em que este é parte constituinte do signo que afeta a mente, determinando ou criando-lhe um efeito (PEIRCE, 1980). Com esse conceito, estabelece que o processo de significação

2 Conforme convenção para estudos da obra de Peirce, CP indica os *Collected Papers*; os números indicam o volume, seguindo-se os parágrafos (ver referências bibliográficas para mais detalhes).

3 A inserção da segunda tríade dos interpretantes (Emocional, Energético e Lógico) no interpretante Dinâmico ainda é alvo de discussões entre os estudiosos de Peirce e não faz parte dos objetivos do presente trabalho, que irá considerar a visão de Santaella (2004; 2005a; 2005b). Para mais detalhes sobre o assunto ver, por exemplo, Santaella (2004), Johansen (1985; 1993), Buczynska-Garewicz (1981) e Savan (1976).

seja sempre contínuo, crescente e dirige-se para o conteúdo objetivo do signo, parte do que Peirce denominou de “Teatro das Consciências” (EP2, p.403)⁴. Portanto, considerar quais efeitos interpretantes são concebidos frente ao objeto da percepção é conhecer qual significado é dado a um signo. De acordo com pesquisas recentes, para que exista uma aprendizagem efetiva de ciências os estudantes necessitam trabalhar diferentes representações dos conceitos e processos científicos e serem capazes de traduzi-las umas nas outras, assim como entender seu uso coordenado na representação do conhecimento científico (WALLACE; HAND; PRAIN, 2004). Designaremos Diversidade Representacional (TREVISAN SANZOVO, 2017) às variadas classificações dos modos de representação que têm sido propostas nos últimos anos, categorizadas em descritivas (verbal, gráfica, tabular, diagramática, matemática), figurativas (pictórica, analógica ou metafórica), cinestésicas ou de gestos corporais (encenação, jogos), que utilizam objetos tridimensionais (3D), experimentais ou maquetes (LABURÚ; SILVA, 2011b). Sobre a relação entre aprendizagem e representações, esses pesquisadores afirmam que a combinação destas (representações) com um discurso científico integrador baseado em múltiplas representações constitui um mecanismo pedagógico de suma importância, aprimorando o processo de significação e oferecendo procedimentos variados de interpretação e entendimento (LABURÚ; SILVA, 2011a).

2 | INSTRUMENTO ANALÍTICO

Pode-se entender a linguagem científica como um signo complexo, constituída de diversos outros signos formados por conceitos, ideias, símbolos, modelos, teorias, princípios, procedimentos, imagens, gráficos, entre outros. Do exposto, anseia-se fazer uma transposição didática da teoria dos interpretantes de Peirce, visando estabelecer a significação como um fenômeno diacrônico da aprendizagem ocorrida nos alunos quando estes estão diante de atividades de ensino para aprender os signos científicos. É proposto, portanto, uma reformulação da tricotomia interpretante de Peirce, fazendo um paralelismo com o mesmo, adequando-a para fins pedagógicos (TREVISAN SANZOVO, 2017). Tal instrumento pode auxiliar o professor na árdua tarefa de acompanhamento da produção e desenvolvimento dos significados adquiridos pelos estudantes enquanto estes o fazem durante o processo de ensino, possibilitando o direcionamento e enquadramento ao conhecimento científico. Tomando a classificação dos interpretantes de Peirce adotada por Santaella (2004; 2005a; 2005b), como visto anteriormente, em que a segunda tríade (emocional, energético e lógico) está inserida somente no interpretante dinâmico, obtemos cinco níveis de significado (TREVISAN SANZOVO; LABURÚ, 2016; 2017): Nível Interpretante Imediato, Nível Interpretante Dinâmico Emocional, Nível Interpretante Dinâmico Energético, Nível Interpretante Dinâmico Lógico e Nível Interpretante Final.

Classificaremos como Nível Interpretante Imediato um primeiro resultado do ato

4 Conforme convenção para estudos da obra de Peirce, EP indica *The Essential Peirce: Selected Philosophical Writings*, seguido do volume (ver referências bibliográficas para mais detalhes).

de significação estabelecido por um aprendiz frente aos signos científicos. Entre as características apresentadas, ele é equivalente ao significado anterior a qualquer ato de instrução, isto é, o efeito interpretante do estudante se manifesta em significados análogos aos anteriores a quaisquer atos educacionais de conteúdos específicos de física, no caso, que permanece circunscrito ao contexto dos conhecimentos prévios, senso comum, aparente, intuitivo do aprendiz e/ou com uso de chavões (BISCH, 1998). A interpretação fica presa a denotações de primeira ordem, isto é, ao significado interno do signo (e.g., ao utilizar o termo trabalho, em um contexto de aula de física, em alusão a um conjunto de atividades que o homem exerce para atingir determinado fim, ficando preso ao senso comum).

Ultrapassando-se o primeiro nível, temos o Nível Interpretante Dinâmico, que equivale ao significado que o signo provoca numa mente estimulada por interferências de ensino. No Nível Interpretante Dinâmico Emocional (não confundir o significado emocional com o emotivo), o significado é de sentido mais vago e indefinido, dizendo respeito a uma qualidade de sentimento inalisável e intraduzível (SANTAELLA, 2004.). Portanto, neste nível, o efeito interpretante apresenta qualidade de sentimento, sendo reconhecido quando os estudantes exibem significados confusos (contraditórios, opacos, indeterminados, ambíguos, hesitantes, presos à beleza e opiniões emocionais) e/ou etéreos (transcendentes, de caráter religioso, metafísico, místico ou mítico). O Nível Interpretante Dinâmico Energético é o efeito devido a atos de interpretação, caracterizado por esforços musculares dos estudantes, isto é, comportamentos, atitudes, procedimentos, técnicas originadas do processo educacional, traduzidos em signos emitidos através da ação, gestos, atos e expressões. Tais signos expressivos surgem de forma subliminar nas ações ou gestos existentes nos comportamentos, atitudes, procedimentos e técnicas. Entretanto, quando emitidos intencionalmente, se corretos ou incorretos, tornam-se signos comunicativos (ECO, 1985), visto terem sido produzidos artificialmente, no sentido de provocados por meio da instrução. Em alusão ao interpretante Peirceano homônimo, temos o Nível Interpretante Dinâmico Lógico, onde há a construção e identificação de representações, imagens e proposições coerentes, internamente consistentes e inter-relacionadas. Neste nível o aluno, com relação ao conteúdo específico de física, faz inferências, estabelece consequências de premissas, associa o signo observado a outros objetos e signos sem equívocos.

Não confundindo com o interpretante homônimo peirceano, o Nível Interpretante Final é aquele idealizado pelo professor e balizado pelos documentos oficiais da educação, onde o signo apreendido torna-se parte integrante de um conhecimento normatizado e o significado independe do intérprete, consistindo na maneira pela qual toda mente deveria pensar e agir em conformidade ao conhecimento oficial. Neste estágio, há mudança de hábito e conduta, desprendendo-se do aspecto denotativo e estabelecendo análises conotadas com foco no que está institucionalizado pelo signo. Este nível é caracterizado pela produção de inferências, avaliações, generalizações, seleções e comparações aplicáveis do efeito desejado.

3 | METODOLOGIA

O presente trabalho, de cunho qualitativo, faz uma síntese de uma investigação mais ampla, que procurou responder a questão de pesquisa de qual nível de significado, através do nível interpretante predominante, os estudantes de graduação de Ciências Biológicas atingem na utilização de uma Diversidade Representacional sobre temas específicos de Astronomia.

Os dados utilizados no atual recorte foram obtidos a partir de 16 aulas de física realizadas em sala convencional do segundo ano do referido curso de uma universidade estadual. Participaram da pesquisa 18 estudantes (chamando-os de E01 a E18, conforme ordem aleatória dos mesmos) e um docente doutor recém aposentado com experiência na área de Ensino de Astronomia (denominado DOC), para efeito de sigilo, que realizaram todas as atividades e concordaram em fazer parte da mesma, assinando um termo de consentimento livre e esclarecido.

Inicialmente, o professor-pesquisador realizou um teste nas duas primeiras aulas (Teste Diagnóstico), por meio de um questionário contendo algumas questões de múltipla escolha e outras que solicitavam a realização de representação imagética e/ou textual de fenômenos astronômicos, com intuito de constatar se a turma (ou parte dela) havia realizado algum tipo de curso de Astronomia ou algo parecido, e de verificar em qual nível interpretante inicial os pesquisados se encontravam com relação ao conteúdo das Estações do Ano.

As oito aulas seguintes foram destinadas a utilização da Diversidade Representacional das Estações do Ano, constituindo de exposições em slides, em que os alunos tiveram contato com representações verbal oral, textual, imagéticas e tabulares produzidas pelo professor sobre a composição e escalas de tamanho e distância do Sistema Solar, além de produzirem representações com maquetes na prática denominada “Sistema Solar em Escala”, em que os alunos produziram em grupos representações 3d a respeito das escalas de tamanho e distância do Sol, planetas e satélites do Sistema Solar. Foram utilizados materiais de baixo custo e de fácil acesso, incluindo bexiga gigante para representação do Sol, massa de modelar, barbante, transferidor e régua, entre outros.

Nas duas aulas seguintes foi realizada a prática “Órbita da Terra e as Estações do Ano”. Nela, os estudantes construíram, em grupos, representações imagéticas da órbita em escala da trajetória da Terra em torno do Sol e, em conjunto, representações 3d de seis posições do movimento anual da Terra para o estudo das Estações do Ano. Para a realização dessa prática, dois estudantes foram previamente escolhidos, aleatoriamente, para o estudo dos seus respectivos níveis significantes dinâmicos energéticos: E04 e E17. Além disso, foram utilizadas placas de isopor para a representação da órbita, esferas de isopor e palitos de churrascos para a representação da Terra e seu eixo de rotação, respectivamente, e lâmpadas para fazerem o papel da radiação solar.

As quatro últimas aulas ficaram reservadas para a coleta dos dados finais, em forma de avaliação (Teste Avaliativo), solicitando-se aos alunos que realizassem representações textuais e imagéticas sobre as Estações do Ano. No atual recorte apresentamos uma síntese dos principais resultados encontrados.

4 | DADOS E ANÁLISE

Para o Teste Diagnóstico, todos os significados expostos sobre as Estações do Ano pertenceram ao Nível Interpretante Imediato (TREVISAN SANZOVO; LABURÚ, 2016), conforme pode ser visto na Figura 1. Tal nível, como abordado em seção anterior, é caracterizado essencialmente pela presença de denotações e a interpretação acaba permanecendo presa ao significado interno e ordinário do signo. Em outras palavras, o efeito interpretante do aprendiz se manifesta em significados análogos aos anteriores a quaisquer atos educacionais de conteúdos específicos de astronomia, que permanece circunscrito ao contexto dos conhecimentos prévios, senso comum, aparente, intuitivo do aprendiz, e/ou com uso de chavões. Suas respectivas interpretações se fazem de maneira direta, literal, e não são frutos de quaisquer tipos de análises ou reflexões pormenorizadas.

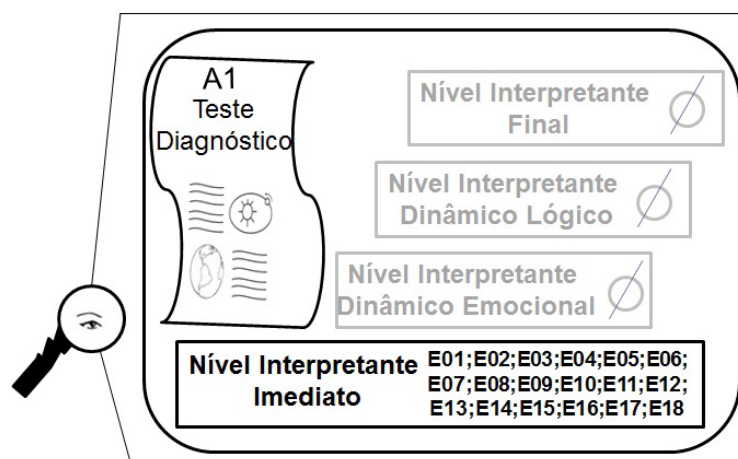


Figura 1: Níveis Interpretantes apresentados no Teste Diagnóstico.

O Quadro 1 apresenta uma síntese dos níveis alcançados pelos estudantes no referido teste (TREVISAN SANZOVO; LABURÚ, 2016), sendo classificados basicamente em três tipos: (i) concepções DTS (“Distância Terra-Sol”); (ii) uso de chavões; e (iii) representações confusas. A primeira coluna indica qual nível interpretante, seguido do tipo de classificação (coluna do meio) e, na última coluna, os estudantes pertencentes a tal arranjo.

| Nível Interpretante | Classificação | Estudante |
|---------------------|----------------|---|
| Imediato | Concepções DTS | E01, E02, E05, E06, E07, E10, E11, E15, E17 |
| | Uso de chavões | E04, E08, E16 |
| | Confusas | E03, E09, E12, E13, E14, E18 |

Quadro 1: Síntese dos Níveis Interpretantes identificados no Teste Diagnóstico.

Após a aplicação da metodologia de Diversidade Representacional, grande parte dos estudantes acabou atingindo o Nível Interpretante Dinâmico Lógico sobre as Estações do Ano no Teste Avaliativo (TREVISAN SANZOVO, 2017). A Figura 2 ilustra uma síntese dos resultados obtidos no referido teste.

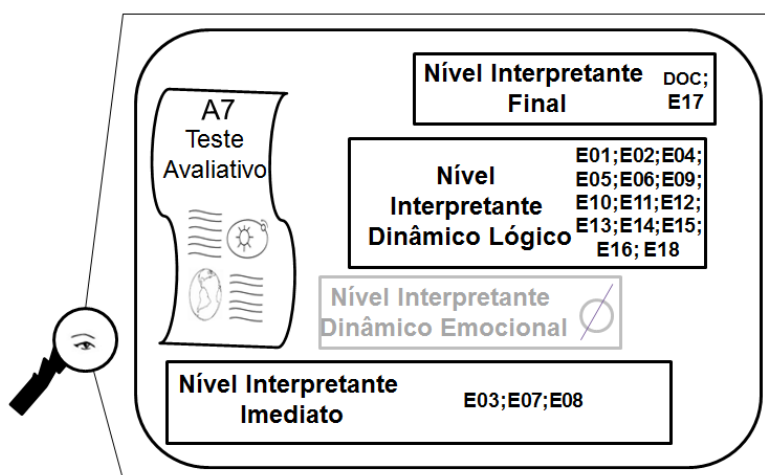


Figura 2: Níveis Interpretantes apresentados no Teste Avaliativo.

A Figura 2 mostra que três alunos demonstraram um Nível Interpretante Imediato (E03, E07 e E08), quatorze estudantes um Nível Interpretante Dinâmico Lógico (E01, E02, E04, E05, E06, E09, E10, E11, E12, E13, E14, E15, E16 e E18) e um aluno um Nível Interpretante Final (E17), também demonstrado por DOC. Nenhum dos participantes dessa pesquisa demonstrou um Nível Interpretante Dinâmico Emocional.

A evolução da construção do significado das Estações do Ano pode ser sintetizada pela Figura 3. A parte inferior da referida ilustração mostra que inicialmente todos os estudantes apresentaram um Nível Interpretante Imediato acerca do fenômeno estudado no Teste Diagnóstico. Seu lado direito ilustra o estudo do Nível Interpretante Dinâmico Energético apresentado por E04 e E17: E04 apresentou uma não coerência entre os níveis interpretantes dinâmicos e o estudante acabou demonstrando um Nível Interpretante Dinâmico Lógico no Teste Avaliativo; por sua vez, E17 apresentou harmonia dos níveis interpretantes dinâmicos e acabou atingindo o Nível Interpretante Final.

A parte inferior esquerda da Figura 3 mostra que, após a utilização da Diversidade Representacional sobre as Estações do Ano, três estudantes acabaram permanecendo estagnados no Nível Interpretante Imediato: E03, E07 e E08, cujos

efeitos interpretantes possuem característica de não ter sido fruto de qualquer tipo de análise ou reflexão pormenorizada, circunscrito ao contexto dos conhecimentos prévios do aprendiz (E03), caracterizado pela presença de marca denotativa (E07) e uso de chavões (E08) (TREVISAN SANZOVO, 2017).

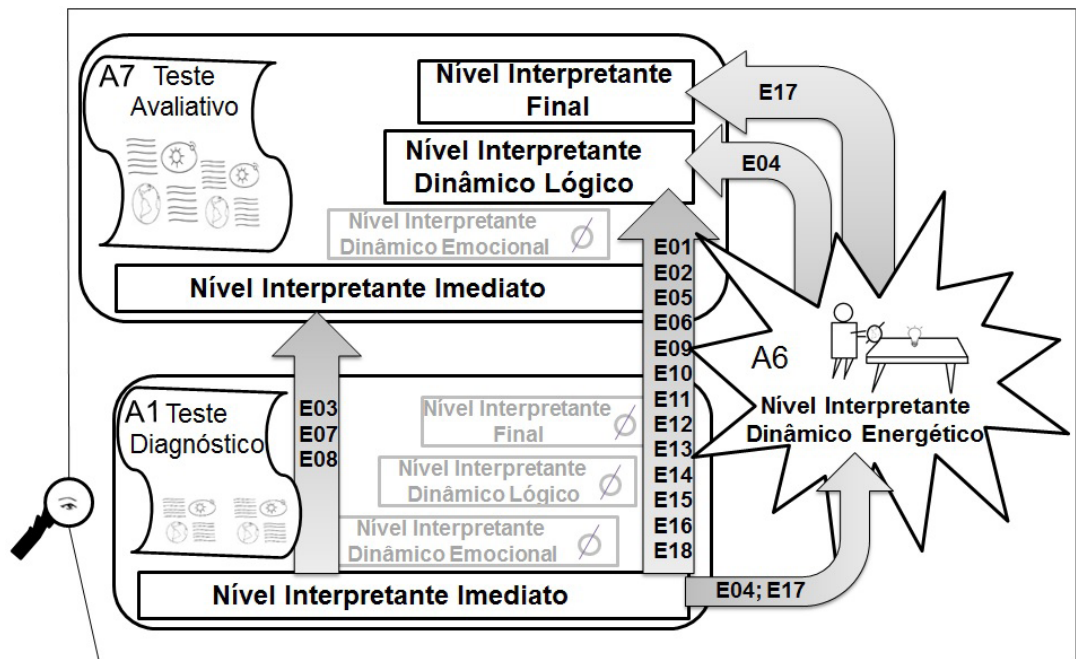


Figura 3: Síntese da evolução dos Níveis Interpretantes.

A parte inferior central da Figura 3 mostra que um número significativo dos estudantes (E01, E02, E05, E06, E09, E10, E11, E12, E13, E14, E15, E16 e E18), após o uso da metodologia que engloba Diversidade Representacional, acabou ultrapassando o Nível Interpretante Imediato (previamente demonstrado) por demonstrações de ordem conotativa, apresentando efeitos interpretantes que o signo provoca em uma mente que se vê estimulada por interferências de ensino, expondo um Nível Interpretante Dinâmico Lógico sobre o fenômeno das Estações do Ano no Teste Avaliativo.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho objetivou apresentar uma síntese de uma pesquisa de doutorado, mostrando os principais resultados de uma investigação que procurou responder sobre quais níveis de significado, embasado numa leitura dos níveis interpretantes de Peirce, os estudantes de graduação de Ciências Biológicas apresentam após a utilização da estratégia de ensino que usa a Diversidade Representacional acerca das Estações do Ano.

Realizando-se um olhar semiótico enfocando o significado apropriado pelos estudantes, procurou-se conceituá-lo segundo uma reformulação dos Interpretantes da teoria de Peirce, estabelecendo um instrumento analítico em termos dos efeitos

destes, produzidos na mente do aprendiz, no decorrer da apropriação simbólica. O referido construto reformado com fins pedagógicos visou identificar estados de significação alcançados pelos estudantes em um conteúdo científico específico, tendo como objetivo proporcionar ao professor pesquisador uma orientação teórica para qualificar o significado apropriado pelos seus aprendizes, oferecendo-o como uma leitura alternativa à forma de compreender a questão do significado dado à aprendizagem.

O instrumento analítico dos interpretantes se mostrou viável e aplicável para sala de aula de até 36 alunos para as aulas teóricas, em que a turma era dividida em duas turmas de até 18 alunos para as aulas práticas (TREVISAN SANZOVO, 2017). Além disso, com o uso da Diversidade Representacional os estudantes atingiram significados mais profundos a respeito das Estações do Ano do que o Nível Interpretante Imediato apresentado no Teste Diagnóstico (TREVISAN SANZOVO; LABURÚ, 2016), ultrapassando significados que eram circunscritos ao contexto dos conhecimentos prévios, senso comum, aparente, intuitivo do aprendiz, caracterizados com presença de marcas denotativas sobre o fenômeno estudado.

Com relação à evolução dos níveis interpretantes, E05, por exemplo, apresentou um Nível Interpretante Imediato das Estações do Ano no Teste Diagnóstico (TREVISAN SANZOVO; LABURÚ, 2016), demonstrando um significado marcado pela presença de marcas conotativas. Após o uso de Diversidade Representacional acerca das Estações do Ano, E05 conseguiu ultrapassar a marca denotativa do signo “distância Terra-Sol” e apresentar um significado mais profundo do fenômeno no Teste Avaliativo, atingindo um Nível Interpretante Dinâmico Lógico (TREVISAN SANZOVO, 2017).

Além da contribuição para o pesquisador em ensino de Ciências, a ferramenta empregada na presente pesquisa contribui para o processo de instrução na medida em que o professor pode contar com uma nova leitura para compreender o significado alcançado pelos estudantes de conteúdos científicos ensinados. A Figura 4 mostra um possível acompanhamento pedagógico da atribuição do significado para as Estações do Ano de E04. Tal ilustração mostra que, com a utilização da noção de coerência entre interpretantes (TREVISAN SANZOVO, 2017), o professor pode perceber que E04 apresentou um Nível Interpretante Dinâmico Lógico acerca do conceito em questão no Teste Avaliativo, porém exibe uma não coerência entre interpretantes na construção da maquete na prática “Órbita da Terra e as Estações do Ano”, demonstrando não entender como o eixo de rotação terrestre se configura na prática (TREVISAN SANZOVO; LABURÚ, 2017). Portanto, o docente pode trabalhar essa questão com o aluno de forma que este consiga gerar uma harmonização entre seus interpretantes, trabalhando como o eixo de rotação da Terra realmente se configura e quais suas respectivas implicações para a radiação solar recebida em diferentes pontos de sua superfície, indo em direção a um possível Nível Interpretante Final. Com isso o estudante tem condições de integrar os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais (ZABALA, 1998) acerca do fenômeno estudado.

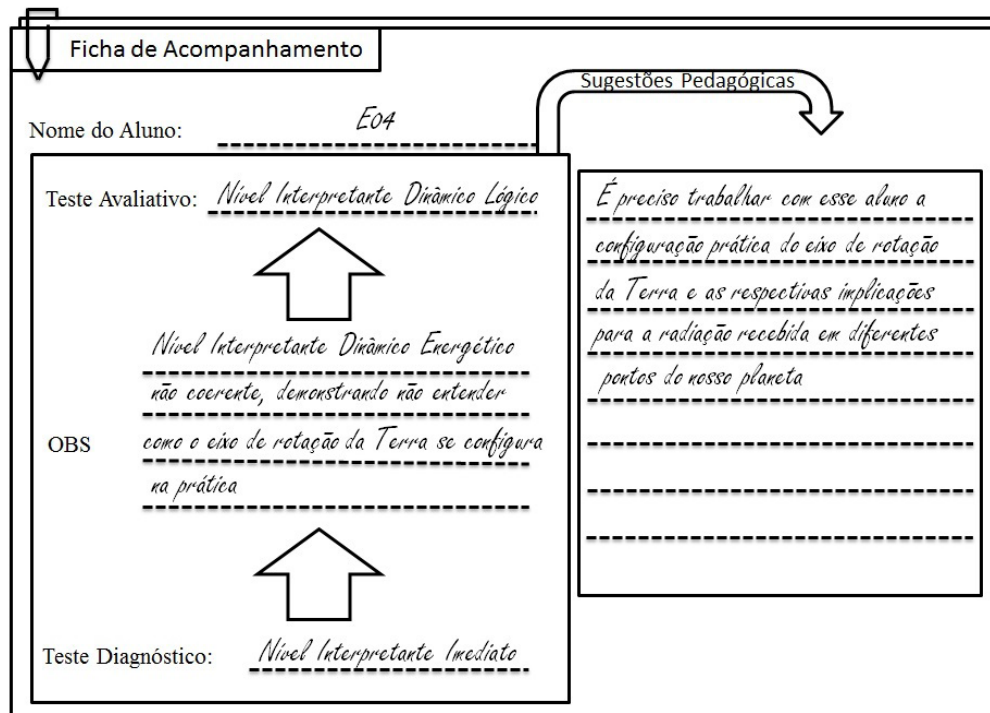


Figura 4: Possível acompanhamento pedagógico de E04.

O Nível Interpretante Dinâmico Emocional acabou não sendo demonstrado por nenhum estudante na presente pesquisa. O aprofundamento de seu respectivo estudo e de sua relação com o processo ensino e aprendizagem surge como primeira implicação, em temas propícios à sua manifestação (por exemplo, a formação do Universo, em que há possível embate entre ciência e religião).

Outra possível motivação para a continuidade desta pesquisa encontra-se num olhar mais profundo e extenso ao Nível Interpretante Dinâmico Energético, caracterizado por esforços musculares dos estudantes (comportamentos, atitudes, procedimentos, técnicas originadas do processo educacional), que são traduzidos em signos emitidos através da ação, de gestos, de atos e de expressões.

6 | AGRADECIMENTOS E APOIO

Carlos Eduardo Laburú agradece apoio do CNPq (Bolsista CNPq/processo 302281/2015-0).

REFERÊNCIAS

BISCH, S. M. **Astronomia no Ensino Fundamental: Natureza e conteúdo do conhecimento de Estudantes e Professores**. 1998. 301 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências): IF/USP, São Paulo, 1998.

BUCZYNSKA-GAREWICZ, H. The interpretant and a system of signs. **Ars Semeiotica**, IV(2): 187-200, 1981.

ECO, U. **O signo**. Lisboa: Editorial Presença, LDA, 1985.

JOHANSEN, J. D. Prolegomena to a semiotic theory of text interpretation. **Semiotica**, 57(3/4): 225-288. 1985.

_____. **Dialogic Semiosis: an essay on signs and meaning**. Bloomington & Indianapolis: Indiana University Press. 1993.

LABURÚ, C. E.; SILVA, O. H. O Laboratório didático a partir da perspectiva da multimodalidade representacional. **Ciência & Educação**, v.17, n.3, p.721-734. 2011a.

_____. Multimodos e múltiplas representações: fundamentos e perspectivas semióticas para a aprendizagem de conceitos científicos. **Investigações em Ensino de Ciências**, v16(1), p.7-33. 2011b.

PEIRCE, C. S. **Collected Papers**. C.Hartshorne e P. Weiss. eds. (v.1-6) e A. W. Burks. ed. (v.7-8) Cambridge, MA: Harvard University Press (aqui referido como CP; os números das citações referem-se aos volumes e parágrafos, respectivamente). 1931-58.

_____. **Escritos Coligidos**. São Paulo: Abril Cultural. 1980.

_____. **The Essential Peirce: selected philosophical writings**. V.2 (1893-1913). Bloomington: Indiana University Press. (Aqui referidos como EP2, seguido da página). 1998.

_____. **Semiótica**. São Paulo: Perspectiva. 2005.

SANTAELLA, L. **Teoria Geral dos Signos: Como as linguagens significam as coisas**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning. 2004.

_____. **Matrizes da Linguagem e Pensamento**. São Paulo: Iluminuras. 2005a.

_____. **Semiótica Aplicada**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning. 2005b.

SAVAN, D. **An introduction to C. S. Peirce's full system of semiotic**. Toronto: Victoria College of the University of Toronto (Monograph Series of the Toronto Semiotic Circle, 1). 1976.

TREVISAN SANZOVO, D. **Níveis Interpretantes alcançados por estudantes de licenciatura em ciências biológicas acerca das Estações do Ano por meio da utilização da estratégia de Diversidade Representacional: uma Leitura Peirceana para sala de aula**. 2017. 192 p. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

TREVISAN SANZOVO, D.; LABURÚ, C. E. Níveis Interpretantes apresentados por alunos de ensino superior sobre as Estações do Ano. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, v.22, p.35-58, 2016.

_____. Níveis Significantes do Significado das Estações do Ano com o Uso de Diversidade Representacional na Formação Inicial de Professores de Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. 3, p. 745-772, 2017.

WALLACE, C. S.; HAND, B.; PRAIN, V. **Writing and learning in the science classroom**. Holanda, : Kluwer Academic Publishers: Science & Technology Education Library.2004.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre : Artmed, 1998.

SISTEMA DE CONTROLE EMPREGANDO TECNOLOGIA RFID

Felipe de Carvalho Forti

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Filho, Faculdade de Ilha Solteira, Departamento
de Engenharia Elétrica
Ilha Solteira – São Paulo

Alexandre César Rodrigues da Silva

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Filho, Faculdade de Ilha Solteira, Departamento
de Engenharia Elétrica
Ilha Solteira – São Paulo

RESUMO: A utilização da tecnologia RFID tem se tornado cada vez mais popular no mundo, sendo empregada para diversos fins, como na identificação de pessoas, animais e objetos, como sistemas de controle de acesso de prédios, identificação de gado e controle de estoque em grandes armazéns. Os sistemas de controle de acesso encontrados no mercado atual são caros, impossibilitando sua implementação em ambientes variados, apenas em locais que o valor do investimento seja justificável. Porém, com este projeto a construção de um sistema utilizando a tecnologia RFID para controlar acesso a um laboratório de pesquisa teve um custo muito menor do que dos sistemas encontrado no mercado, possibilitando sua implementação não em apenas um laboratório, mas em todas as salas que fazem parte do Laboratório de Processamento de Sinais

e Sistemas Digitais no futuro, totalizando três ambientes distintos. Com o uso de um microcontrolador ATMEGA 328P, um módulo de comunicação e uma antena RDM6300 e tags passivas este projeto não teve custo maior do que R\$100,00. Ainda será possível, em projetos futuros, realizar a integração do controle de acesso das três portas, com criação de um banco de dados contendo os dados dos usuários do LPSSD.

PALAVRAS-CHAVE: RFID, Controle de acesso, Microcontrolador.

CONTROL SYSTEM USING RFID TECNOLOGY

ABSTRACT: The use of RFID technology has become increasingly popular in the world, being used for various purposes, such as the identification of people, animals and objects, such as building access control systems, cattle identification and stock control in department stores. The access control systems found in the current market are expensive, making it impossible to implement them in a variety of environments, only in places where the investment value is justifiable. However, with this project the construction of a system using RFID technology to control access to a research laboratory had a much lower cost than the systems found in the market, allowing

its implementation not only in a laboratory, but in all the rooms that are part of the Laboratory for Processing Signals and Digital Systems (LPSSD) in the future, totaling three distinct environments. With the use of an ATMEGA 328P microcontroller, an RDM6300 communication module and antenna and passive tags this project had a cost lower than R\$100. It will be possible, in future projects, to perform the integration of the access control of three doors, with creation of a database containing the data of the LPSSD users.

KEYWORDS: RFID, Access Control, Microcontroller.

1 | INTRODUÇÃO

Identificação por Rádio Frequência (RFID) tem se tornado muito popular nos últimos anos devido à relativa redução de preço no mercado, ao aumento da sua capacidade e vantagens em comparação a outras tecnologias de Auto Identificação (COUSSY et al., 2009).

A tecnologia baseada em RFID tem sido empregada cada vez mais no nosso dia a dia, sendo utilizada na identificação de pessoas, animais e objetos, como sistemas de controle de acesso de prédios, identificação de gado e controle de estoque em grandes armazéns (Woo-Garcia et al., 2016).

Identificação por rádio frequência é um meio de conectar dois circuitos eletrônicos sem a utilização de fios, sendo composto por basicamente três partes:

1. A etiqueta RFID (tag), que possui um número de identificação único;
2. O leitor RFID, ou interrogador. Que incorpora a antena;
3. Um dispositivo rodando um software para realizar a interface do leitor RFID.

O funcionamento simples de um sistema RFID é mostrado na Figura 1.

A tag possui um circuito eletrônico com baixo consumo de energia que pode receber energia tanto da antena ou de uma bateria interna, sendo esta classificada como ativa, tendo uma distância de operação maior do que a passiva, sem bateria, que é alimentada por um circuito ressonante com indutor e capacitor quando entra no campo de funcionamento da antena (Grout; Silva, 2014).

A antena é um dispositivo de processamento, realizando a alimentação da tag, no caso das passivas e semi-passivas, e recebendo os dados gravados no transponder. O transponder contém os circuitos de rádio frequência e o dado a ser transmitido, podendo receber ou enviar o dado.

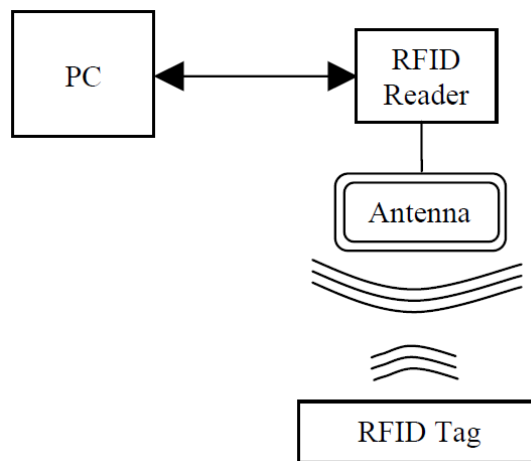


Figura 1 – Um sistema básico de RFID.

Fonte: Grout, Murphy e Silva (2012)

Utilizando a tecnologia RFID não é necessário um contato entre a tag e a antena para haver comunicação, podendo ser realizada através do corpo humano, roupas e materiais não metálicos.

Na tag ativa apenas o dado é transferido pelo sistema de rádio frequência, o circuito interno é alimentado por uma bateria interna, sendo muito utilizada para aplicações que necessitam de uma comunicação a longas distâncias ou quando a energia requerida para o funcionamento da tag é muito maior do que o acoplamento pode transmitir. Já as tags semi-passivas possuem uma bateria interna para alimentação de circuitos eletrônicos específicos, porém a alimentação do circuito de comunicação é feita como nas tags passivas, pela ligação sem fio com a antena.

2 | REVISÃO LITERÁRIA

Neste trabalho foi abordado a utilização da Identificação por Rádio Frequência, que é aplicado em diversas áreas. A seguir, é apresentado sua história e características, além de exemplos de aplicações.

2.1 RFID (Radio Frequency Identification)

A criação da tecnologia RFID data do início da Segunda Guerra Mundial (1939–1945), onde o físico escocês Robert Alexander Watson-Watt, em conjunto com o exército britânico, desenvolveu um sistema para identificação de aeronaves aliadas, chamado de Identificação Amigo ou Inimigo (IFF- *Identification Friend-or-Foe*), onde era instalado um transmissor em cada avião britânico, que ao receber os sinais do radar instalado em solo, emitiam um sinal identificando as aeronaves amigas, implantando, desta maneira, o primeiro sistema de identificação por rádio frequência (ROBERTI, 2005).

Antes disso, os alemães perceberam que o sinal de rádio refletido pelas aeronaves era alterado ao girar seus aviões quando retornavam a base, sendo este considerado

o primeiro sistema RFID passivo (ROBERTI, 2005).

2.2 Classificação dos sistemas RFID

Os sistemas RFID são classificados pelo RFID Journal (Violino, 2005) segundo sua fonte de alimentação como passivos, semi-passivos ou ativos.

1. Passivos: Não possuem fonte de energia. A energia necessária para o funcionamento do circuito é enviada pelo leitor para a tag. Apesar de ser mais barato e durar mais que o RFID ativo ele possui uma grande limitação de memória e de distância de leitura, chegando a no máximo 1 metro.
2. Semi-passivos ou semi-ativos: Eles possuem uma bateria interna, porém ela não alimenta o circuito de comunicação da tag, que continua dependente do leitor, como nas tags passivas. A bateria energiza o microchip, permitindo uma maior capacidade de processamento e memória.
3. Ativos: Neste caso existe uma fonte de energia interna nas tags, permitindo uma maior distância de transmissão de dados para o leitor, também possui a capacidade de alimentar circuitos mais complexos e sensores de diversos tipos. Porém, seu custo é mais elevado em comparação aos outros sistemas, e possui uma vida útil reduzida.

Os sistemas RFID também podem ser classificados pela frequência de operação, como esta descrito na Tabela 1.

| Banda | Baixas Frequências (LF – <i>Low Frequency</i>) | Altas Frequências (HF – <i>High Frequency</i>) | Ultra Alta Frequência (UHF – <i>Ultra High Frequency</i>) | Microondas |
|-------------------------------------|---|---|--|-----------------------|
| Frequência típicas para RFID | 125kHz ou 134kHz | 13,56MHz ou 433MHz | 865 – 956MHz | 2,45GHz |
| Distância de leitura média | Abaixo de 0,5m | Até 1,5m | Até 100m | Até 10m |
| Uso típico | Identificação de animais e mercadorias | Rótulos inteligentes, cartões de viagem, acesso e segurança | Logística de rastreamento | Veículos em movimento |

Tabela 1 – Frequências usadas no RFID.

Fonte: Adaptado de RFID Journal (Violino, 2005).

3 | METODOLOGIA E RESULTADOS

Para a execução deste projeto foram utilizadas somente ferramentas gratuitas para o desenvolvimento dos programas. Foi usada a linguagem de programação C no desenvolvimento do programa para o microcontrolador ATMEGA 328P (preço estimado: R\$ 17,90). Na programação do microcontrolador foi empregado a plataforma Arduino IDE. Trata-se de um sistema de desenvolvimento que inclui compilador C, macro assembler e programas para debugger.

Na detecção e identificação do ID das *tags* foi utilizado o dispositivo RFID RDM6300 que opera em 125 KHz (preço estimado: R\$ 29,50). Um fecho elétrico de 12V (preço estimado: R\$ 36,67) que é utilizado para destravar e travar a fechadura. Foram necessários dispositivos eletrônicos como relé (preço estimado: R\$ 5,00) e fonte de alimentação de 12V (preço estimado: R\$ 4,98). Outros componentes eletrônicos como osciladores, capacitores, transistores, placa de circuito impresso, fios e cabos também foram usados. O Laboratório de Processamento de Sinais e Sistemas Digitais dispunha de todos os equipamentos e componentes que foram aplicados na execução do projeto.

Inicialmente foi desenvolvido um sistema para teste em bancada, utilizando a placa Arduino UNO, Figura 2. Para teste o protótipo se mostrou eficiente. Após a gravação do microcontrolador, este foi transferido para uma protoboard, e com a adição de um resistor de $10K\Omega$, uma chave tátil, um cristal oscilador de 16MHz e dois capacitores cerâmicos de 22pF, foi possível eliminar a necessidade do uso da placa Arduino, tornando o hardware menor e mais adequado para o seu uso.

Seguindo as especificações do fabricante do microcontrolador (ATMEL CORPORATION, 2013) o cristal oscilador deve ser conectado aos pinos XTAL1 e XTAL2 e junto com capacitores cerâmicos fornecem uma frequência de clock de 16MHz ao microcontrolador. O resistor e a chave tátil foram usados em um Reset Externo, necessário para reinicializar o microcontrolador. O esquemático do circuito é apresentado na Figura 3, ele foi feito utilizando o software de simulação Proteus.

O módulo RDM6300 é ligado ao pino PD5 e o relé para acionamento do fecho elétrico é conectado ao pino PD7.

Finalmente, foi montado primeira versão do sistema passível de instalação na porta, Figura 4.

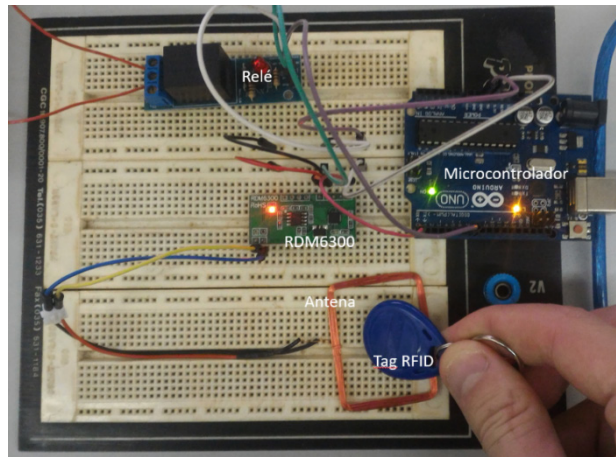


Figura 2 – Sistema Inicial com Arduino UNO.

Fonte: Elaborado pelo autor.

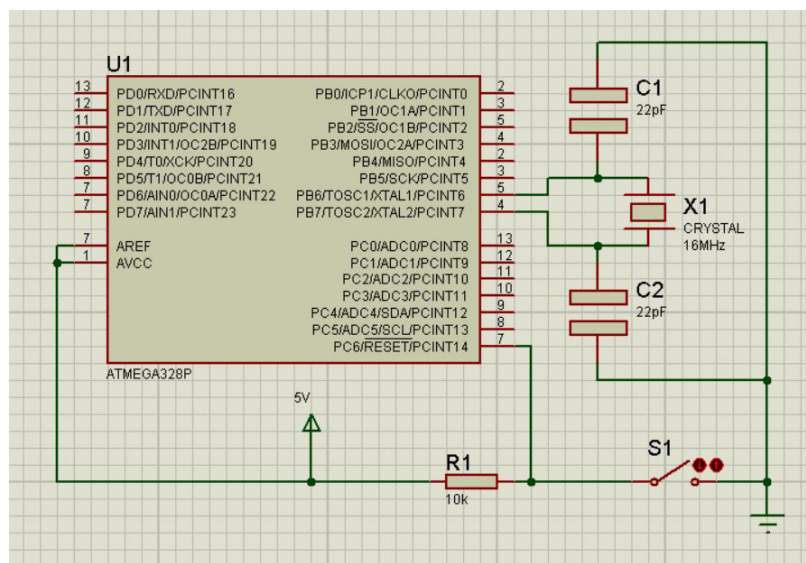


Figura 3 – Esquemático do circuito do microcontrolador.

Fonte: Elaborado pelo autor.

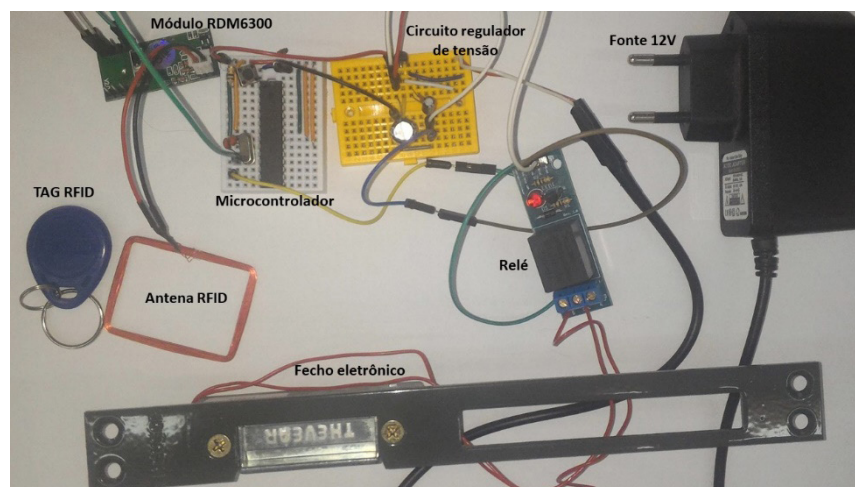


Figura 4 - Primeiro sistema construído passível de ser instalado.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Alguns testes foram feitos em bancadas, foi possível realizar a comunicação da TAG com a antena por pedaços finos de madeira, até 3cm. Provando que a antena poderia ser embutida na porta sem perda de dados na comunicação entre a TAG e o leitor.

A frequência de 125kHz foi escolhido devido a dois fatores: distância de leitura e preço; para o sistema de acesso não era necessária uma transmissão de dados por longas distâncias, o sistema de 13,56MHz também serviria para esse propósito, porém o módulo de comunicação escolhido (125kHz) tinha menor custo.

Estudou-se também a forma de comunicação entre o módulo RDM6300 e o microcontrolador, que é a RS232, ela se trata de uma forma de transmissão de dados serial, onde os bits são enviados sequencialmente, um a um, através de uma única linha de comunicação. Os dados são enviados no seguinte formato:

| | | | |
|-----------------|------------------------------|---------------------|-----------------|
| 02 _H | 10 dados de caracteres ASCII | Soma de verificação | 03 _H |
|-----------------|------------------------------|---------------------|-----------------|

A comunicação é feita com 112 bits, ou 28 números hexadecimais (14 bytes), começando com , seguido por 10 caracteres (10 bytes) da tabela ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*), Figura 5, em seguida tem 2 bytes para a soma de verificação (*checksum*), e é finalizado com . A comunicação segue o padrão mostrado na Figura 6.

Quando conectado o pino de comunicação do módulo RDM6300 no osciloscópio foi obtida a forma de onda representada na Figura 7. Os dados adquiridos estão representados na Tabela 2.

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Byte | 02 | 30 | 43 | 30 | 30 | 33 | 32 | 39 | 31 | 45 | 38 | 34 | 37 | 03 |
| Caracter | - | 0 | C | 0 | 0 | 3 | 2 | 9 | 1 | E | 8 | 4 | 7 | - |

Tabela 2 – Dados adquiridos na transmissão dos dados da TAG para o leitor.

Fonte: Elaborado pelo autor.

| Dec | Hex | Char | Dec | Hex | Char | Dec | Hex | Char | Dec | Hex | Char |
|-----|-----|------------------|-----|-----|-------|-----|-----|------|-----|-----|------|
| 0 | 00 | Null | 32 | 20 | Space | 64 | 40 | @ | 96 | 60 | ` |
| 1 | 01 | Start of heading | 33 | 21 | ! | 65 | 41 | A | 97 | 61 | a |
| 2 | 02 | Start of text | 34 | 22 | " | 66 | 42 | B | 98 | 62 | b |
| 3 | 03 | End of text | 35 | 23 | # | 67 | 43 | C | 99 | 63 | c |
| 4 | 04 | End of transmit | 36 | 24 | \$ | 68 | 44 | D | 100 | 64 | d |
| 5 | 05 | Enquiry | 37 | 25 | % | 69 | 45 | E | 101 | 65 | e |
| 6 | 06 | Acknowledge | 38 | 26 | & | 70 | 46 | F | 102 | 66 | f |
| 7 | 07 | Audible bell | 39 | 27 | ' | 71 | 47 | G | 103 | 67 | g |
| 8 | 08 | Backspace | 40 | 28 | (| 72 | 48 | H | 104 | 68 | h |
| 9 | 09 | Horizontal tab | 41 | 29 |) | 73 | 49 | I | 105 | 69 | i |
| 10 | 0A | Line feed | 42 | 2A | * | 74 | 4A | J | 106 | 6A | j |
| 11 | 0B | Vertical tab | 43 | 2B | + | 75 | 4B | K | 107 | 6B | k |
| 12 | 0C | Form feed | 44 | 2C | , | 76 | 4C | L | 108 | 6C | l |
| 13 | 0D | Carriage return | 45 | 2D | - | 77 | 4D | M | 109 | 6D | m |
| 14 | 0E | Shift out | 46 | 2E | . | 78 | 4E | N | 110 | 6E | n |
| 15 | 0F | Shift in | 47 | 2F | / | 79 | 4F | O | 111 | 6F | o |
| 16 | 10 | Data link escape | 48 | 30 | 0 | 80 | 50 | P | 112 | 70 | p |
| 17 | 11 | Device control 1 | 49 | 31 | 1 | 81 | 51 | Q | 113 | 71 | q |
| 18 | 12 | Device control 2 | 50 | 32 | 2 | 82 | 52 | R | 114 | 72 | r |
| 19 | 13 | Device control 3 | 51 | 33 | 3 | 83 | 53 | S | 115 | 73 | s |
| 20 | 14 | Device control 4 | 52 | 34 | 4 | 84 | 54 | T | 116 | 74 | t |
| 21 | 15 | Neg. acknowledge | 53 | 35 | 5 | 85 | 55 | U | 117 | 75 | u |
| 22 | 16 | Synchronous idle | 54 | 36 | 6 | 86 | 56 | V | 118 | 76 | v |
| 23 | 17 | End trans. block | 55 | 37 | 7 | 87 | 57 | W | 119 | 77 | w |
| 24 | 18 | Cancel | 56 | 38 | 8 | 88 | 58 | X | 120 | 78 | x |
| 25 | 19 | End of medium | 57 | 39 | 9 | 89 | 59 | Y | 121 | 79 | y |
| 26 | 1A | Substitution | 58 | 3A | : | 90 | 5A | Z | 122 | 7A | z |
| 27 | 1B | Escape | 59 | 3B | ; | 91 | 5B | [| 123 | 7B | { |
| 28 | 1C | File separator | 60 | 3C | < | 92 | 5C | \ | 124 | 7C | |
| 29 | 1D | Group separator | 61 | 3D | = | 93 | 5D |] | 125 | 7D | } |
| 30 | 1E | Record separator | 62 | 3E | > | 94 | 5E | ^ | 126 | 7E | ~ |
| 31 | 1F | Unit separator | 63 | 3F | ? | 95 | 5F | _ | 127 | 7F | □ |

Figura 5 – Tabela ASCII.

Fonte: Adaptado de Departamento de Engenharia Elétrica da USP (2005).

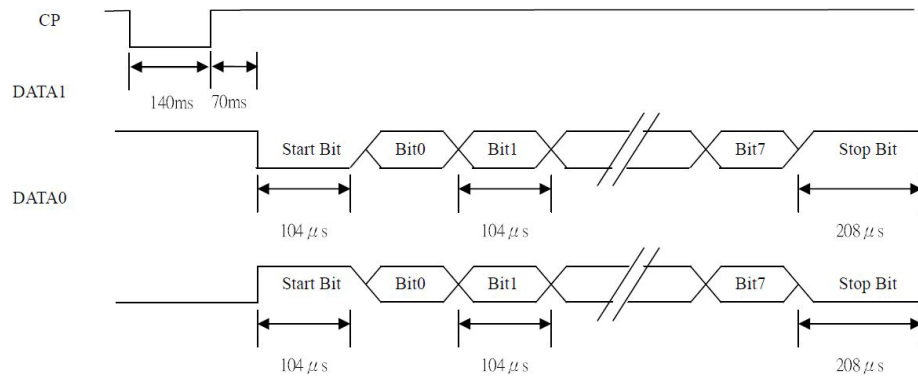


Figura 6 – Comunicação do módulo RDM6300.

Fonte: Adaptado do datasheet do módulo RDM6300.

A soma de verificação (*checksum*) é realizada através da operação XOR entre os 10 bytes de dados, da seguinte forma:

$$Checksum = (0CH) \text{ XOR } (00H) \text{ XOR } (32H) \text{ XOR } (91H) \text{ XOR } (E8H)$$

$$Checksum = (47H)$$

Verificamos que o *checksum* é igual aos 2 últimos caracteres 47H da Tabela 2.

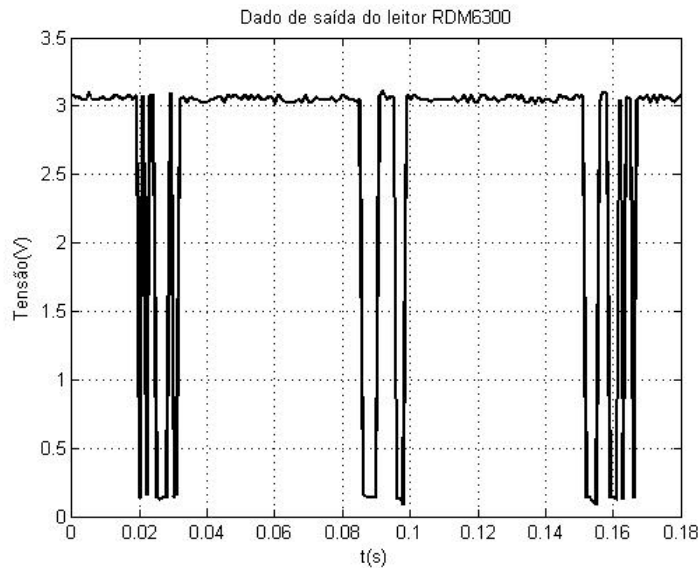


Figura 7 – Forma de onda da transmissão de dados.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com esses dados concluímos que os testes foram completados com êxito.

O sistema de controle seria instalado na parede ao lado da porta de acesso do laboratório, como é mostrado na Figura 8. O retângulo em preto representa o local de instalação do fecho eletrônico, o retângulo em azul simboliza o local que ficaria a antena do sistema RFID, já o quadrilátero em laranja é o local de instalação dos componentes eletrônicos de controle do sistema, como o microcontrolador e o relé.

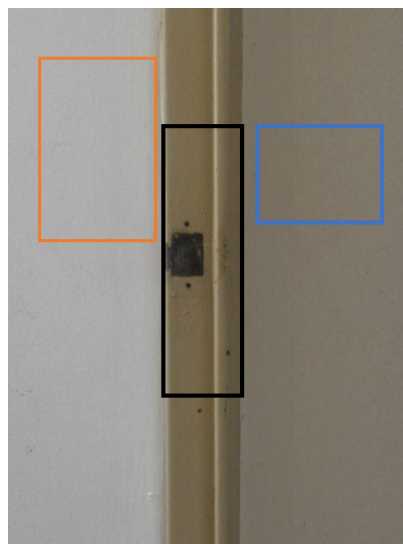


Figura 8 – Local de instalação do sistema de controle de acesso.

Fonte: Elaborada pelo autor.

4 | CONCLUSÃO

A tecnologia RFID vem se desenvolvendo muito nos últimos anos, sendo aplicada em diversas áreas no mundo. Devido ao seu tamanho e acessibilidade é possível

construir sistemas de controle de acesso de baixo custo com uma certa facilidade.

Durante a realização do projeto foi levado em consideração a distância em que as TAGs estariam do leitor, sendo suficiente um leitor de baixa frequência. As TAGs no formato de chaveiro foram escolhidas devido a sua facilidade de transporte, e ela pode ser presa em um chaveiro do próprio usuário, dificultando possíveis perdas.

Para a idealização e construção do sistema de controle de acesso foi necessário o estudo da tecnologia RFID, transmissão de dados do dispositivo RDM6300, além de incentivar a revisão de conceitos de hardware e software e o aprendizado de novas técnicas de programação.

Em projetos futuros, pode-se realizar a instalação do sistema de controle de acesso nas três portas dos laboratórios que compõem o Laboratório de Processamento de Sinais e Sistemas Digitais, e criar um banco de dados contendo os dados dos usuários do LPSSD.

REFERÊNCIAS

ATMEL CORPORATION. **Atmel 8-bit Microcontroller with 4/8/12/32KBytes In-System Programmable Flash – DATASHEET**. [S.l.]: Atmel Corporation, 2015.

COUSSY, Philippe et al. An Introduction to High-Level Synthesis. **Ieee Design & Test Of Computers**, [s. l.], v. 26, n. 4, p.8-17, 21 ago. 2009. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/5209958/>>. Acesso em: agosto 2016.

GROUT, Ian; MURPHY, Ciara; SILVA, Alexandre César Rodrigues da. **Remote laboratory experiment access via an RFID interface**. 2012. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7459759/>>. Acesso em: 30 ago. 2016.

GROUT, Ian; SILVA, Alexandre Cesar Rodrigues da. **RFID in electronic engineering education**. In: IEEE GLOBAL ENGINEERING EDUCATION CONFERENCE, 2014, Istanbul. Istanbul: Ieee, 2014. p. 338 - 343. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/6826114/>>. Acesso em: agosto 2016.

RDM630 Specification. [20--]. Disponível em: <<https://elty.pl/upload/download/RFID/RDM630-Spec.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2016.

ROBERTI, M. **The History of RFID Technology**, 16 janeiro 2005. Disponível em: <<http://www.rfidjournal.com/articles/view?1338>>. Acesso em: julho 2017.

TAABELA ASCII, 23 agosto 2005. Disponível em: <<http://iris.sel.eesc.usp.br/sel433a/ASCII.pdf>>. Acesso em: agosto 2017.

VIOLINO, B. **The Basics of RFID Technology**, 16 janeiro 2005. Disponível em: <<http://www.rfidjournal.com/articles/view?1337>>. Acesso em: agosto 2017.

WOO-GARCIA, Rosa Ma. et al. **Design and implementation of a system access control by RFID**. 2016. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7459759/>>. Acesso em: agosto 2016.

TÉCNICAS DE MEDIÇÃO BASEADAS NA FUNÇÃO DE RESPOSTA EM FREQUÊNCIA PARA DETECÇÃO DE DANO BASEADA NA IMPEDÂNCIA ELETROMECHANICA

Guilherme Silva Bergamim

Universidade Estadual Paulista – UNESP,
Faculdade de Engenharia de Bauru
Bauru – SP

Caio Henrique Rodrigues

Universidade Estadual Paulista – UNESP,
Faculdade de Engenharia de Bauru
Bauru – SP

RESUMO: Os sistemas de monitoramento de integridade estrutural, (SHM - *Structural Health Monitoring*), possuem vasta possibilidade de atuação, permitindo reduzir os elevados gastos com manutenção em estruturas críticas onde o grau de confiabilidade é determinante, como na infraestrutura civil e em estruturas aeronáuticas. Portanto, possuem relevância científica e econômica. Dentre os diversos métodos de SHM, o método baseado na impedância eletromecânica (E/M) possui como vantagem a fácil implementação por meio de transdutores piezelétricos de baixo custo. Esse método utiliza o efeito piezelétrico para estabelecer uma relação entre a impedância mecânica da estrutura monitorada e a impedância elétrica do transdutor, permitindo medir mudanças na estrutura mecânica por meio da impedância elétrica do transdutor. Existem dois tipos de técnicas de medição baseados na impedância eletromecânica: a técnica da impedância

eletromecânica (E/M) convencional e técnica baseada na função de resposta em frequência (FRF). A detecção do dano é realizada por meio da comparação entre assinaturas de impedância da estrutura considerada íntegra e danificada, feita utilizando-se índices de dano. As técnicas E/M convencional e FRF precisam ser precisas o suficiente para evitar falsas detecções e sensíveis o suficiente para detectar o dano estrutural desde o seu começo. Foram realizados testes experimentais com dois transdutores acoplados em uma barra e uma placa de alumínio para realizar os ensaios de precisão e sensibilidade. Os resultados comparam características importantes das duas técnicas de medição, E/M convencional e FRF, quanto à precisão e à sensibilidade, de forma a contribuir para o desenvolvimento dos sistemas de SHM.

PALAVRAS-CHAVE: SHM, Impedância Eletromecânica, FRF, transdutores piezelétricos

MEASUREMENT TECHNIQUES BASED ON FREQUENCY RESPONSE FOR DAMAGE DETECTION BASED ON ELECTROMECHANICAL IMPEDANCE

ABSTRACT: Structural Health Monitoring (SHM) systems have a wide range of applications. The SHM systems have scientific and economic relevance allowing reducing

the high maintenance costs in critical structures where the degree of reliability is determinant, such as in civil infrastructure and aeronautical structures. There are several SHM methods, such as acoustic emission, however the method based on electromechanical impedance (E/M) has the advantage of being easily implemented using low cost piezoelectric transducers. The electromechanical impedance method uses the piezoelectric effect to establish a relationship between the mechanical impedance of the monitored structure and the electrical impedance of the transducer, enabling to measure changes in the mechanical structure through the electrical impedance of the transducer. There are two types of measurement techniques based on electromechanical impedance: the conventional electromechanical (E/M) impedance technique and frequency response function (FRF) technique. The damage detection was performed comparing the healthy structure impedance signature with the testing impedance signature by calculating damage metric indices. Therefore, the main measurements techniques used by impedance based systems, conventional EMI and FRF, need to be precise enough to avoid false diagnosis and to be sensitive enough to detect the damage since its beginning. Experimental tests were performed with two transducers coupled to a bar and an aluminum plate to perform precision and sensitivity tests. The experimental results compared both measurement techniques, conventional E/M and FRF, in relation of precision and sensitivity parameters and it can support the improvement of SHM systems based on electromechanical impedance method.

KEYWORDS: SHM, Electromechanical Impedance, FRF, Piezoelectric transducers

1 | INTRODUÇÃO

A detecção de danos estruturais em estágios iniciais ganha cada vez mais relevância econômica e científica em um mundo composto por estruturas complexas, nas quais a interrupção inesperada do funcionamento acarreta em altos custos de manutenção, podendo inclusive provocar problemas sociais. Os sistemas de monitoramento de integridade estrutural, *Structural Health Monitoring* (SHM), permitem reduzir os elevados gastos com manutenção em estruturas críticas onde o grau de confiabilidade é determinante, possuindo vasta aplicações como, por exemplo, em pontes, barragens e estruturas aeronáuticas. (FARRAR; WORDEN, 2013).

Dano é entendido como qualquer alteração na estrutura que altere, ou possa vir a alterar, o seu desempenho. Dentre os possíveis danos sofridos por uma estrutura tem-se rachaduras, deformações, corrosão, ruptura ou distensão de elementos conectivos. A detecção do dano estrutural realiza-se através da comparação entre a estrutura em seu estado considerado íntegro e a estrutura em um estado considerado danificado. Essa comparação pode ser analisada por meio da perda ou adição de massa, dissipação de energia, ou alterações na seção transversal.

Para garantir segurança e economia, os sistemas de SHM atuam em tempo real ou em determinados períodos, de forma que possam detectar possíveis danos em

sua fase inicial e sua evolução na estrutura. O uso destes sistemas deve interferir minimamente na estrutura e permitir o monitoramento da mesma em suas condições operacionais. Portanto, os sistemas de SHM que se valem de tais características são conhecidos como métodos de teste não destrutivos (NDT – *Nondestructive Testing*) ou métodos de avaliação não destrutivos (NDE – *Nondestructive Evaluation*). Há diversos métodos de monitoramento de integridade estrutural que correspondem às características de um sistema NDE, dentre eles destacam-se as ondas de Lamb (CHEN *et al.*, 2013, GIURGIUTIU, 2005), emissão acústica (KHARRAT *et al.*, 2016) e as correntes parasitas (HE *et al.*, 2012).

A técnica de medição baseada na impedância eletromecânica (E/M) se enquadra dentro dos métodos NDE de SHM. No entanto, quando comparada às outras técnicas, possui vantagens explícitas como o uso de transdutores piezelétricos pequenos, leves e de baixo custo que podem simultaneamente operar como atuador e sensor (PEAIRS; PARK; INMAN, 2004, ALBAKRI; TARAZAGA, 2017). Os transdutores piezelétricos devem ser mecanicamente acoplados à estrutura, procedimento realizado facilmente utilizando-se, por exemplo, resina epóxi, de forma que, por meio do efeito piezelétrico (MEITZLER *et al.*, 1988), a impedância mecânica da estrutura fique acoplada à impedância elétrica do transdutor. Devido ao acoplamento eletromecânico do transdutor, na presença de um dano, que altera a impedância mecânica da estrutura, as variações provocadas se refletem na variação da impedância elétrica do transdutor, tornando possível o monitoramento da estrutura por meio da impedância elétrica do transdutor (PEAIRS; INMAN; PARK, 2007).

A redução do custo dos sistemas de SHM é uma das principais motivações do desenvolvimento de novos sistemas alternativos. E a redução de equipamentos necessários para realizar o monitoramento da estrutura é fundamental para alcançar tal objetivo, como o método desenvolvido por Baptista e Vieira Filho (2009), no qual o equipamento central é um dispositivo DAQ multifuncional controlado por qualquer PC compatível com o software LabVIEW.

Os sistemas de SHM baseados na impedância E/M podem ser realizados utilizando-se duas técnicas. A técnica de medição da impedância E/M convencional, na qual é obtida a impedância elétrica de um transdutor que opera simultaneamente como atuador e sensor, configuração também conhecida como pulso-eco. A técnica baseada na função de resposta em frequência (FRF), que faz o uso de um transdutor atuador acoplado na estrutura para a sua excitação e de outro transdutor com a função de sensor para a aquisição do sinal de resposta, configuração também conhecida como transmissão-recepção. O monitoramento da integridade estrutural deve avaliar a presença de um dano por meio de índices métricos que retratem a variação causada na estrutura, como a métrica do desvio do coeficiente de correlação – *correlation coefficient deviation metric* (CCDM) (MARQUI *et al.*, 2008). Os índices métricos têm como função quantificar a comparação entre o estado considerado íntegro e o estado de operação em que a estrutura se encontra no momento da medição. Além

de possuírem sensibilidade para detecção do dano estrutural, as técnicas de medição devem possuir precisão suficiente para evitar falsas detecções.

2 | IMPEDÂNCIA ELETROMECÂNICA

A impedância eletromecânica tem como característica a representação da relação obtida entre a impedância mecânica da estrutura e a impedância elétrica do transdutor. Tomando-se como referência as Equações descritas por MEITZLER *et al* (1988) que descrevem de forma simplificada o efeito piezelétrico em sua forma matricial, obtém-se um modelo eletromecânico unidimensional (LIANG; SUN; ROGERS, 1994), e traduz de forma simples a interação entre as propriedades mecânicas da estrutura monitorada com as propriedades elétricas do PZT acoplado. Esse modelo pode ser analisado simplificado de forma analítica a partir da Equação 1,

$$Z_E(\omega) = \frac{1}{j\omega C} \left(1 - \frac{d_{31}^2}{s_{11}^E \epsilon_{33}^T} \frac{Z_S(\omega)}{Z_S(\omega) + Z_p(\omega)} \right)^{-1}. \quad (1)$$

Para a Equação (1) tem-se que Z_E é a impedância elétrica do transdutor para determinada frequência angular ω , Z_S é a impedância mecânica do transdutor, Z_p é a impedância da estrutura monitorada, d_{31} é constante piezelétrica, s_{11}^E é a constante de elasticidade, ϵ_{33}^T é a constante dielétrica, C é a capacitância do transdutor e j é a unidade imaginária. Sendo que os sobrescritos T e E nas constantes indicam, respectivamente, tensão mecânica constante e campo elétrico constante, e os subscritos 1 e 3 identificam os eixos dos sistemas de coordenadas naturais do material piezelétrico suposto pelo modelo unidimensional.

3 | ÍNDICES MÉTRICOS DE DANO

A detecção do dano para o método de medição baseado na impedância E/M é realizada por meio da comparação entre a parte real (resistência) da impedância obtida para a estrutura analisada quando na presença de um dano, e da obtida para a estrutura íntegra (*Baseline*). O uso da parte real para o método da impedância E/M se deve a maior sensibilidade ao dano e menor variação causada pela temperatura. Enquanto que para o método de medição baseado na FRF, a comparação é realizada pela assinatura do módulo da FRF do sensor na presença de um dano e pela assinatura do módulo da FRF do transdutor em um estado sem danos (*Baseline*).

A sensibilidade de um sistema de SHM é mensurada com o uso de índices métricos de dano, como o CCDM (*Correlation Coefficient Deviation Metric*), que deve ser calculado em uma faixa de frequência contendo as frequências naturais mais sensíveis ao dano presente na estrutura e ainda deve possuir uma boa repetitividade. O índice CCDM (MARQUI *et al.*, 2008) é definido através da Equação (2),

$$CCDM = 1 - \left| \frac{\sum_n^N (Z_{n,h} - \bar{Z}_h)(Z_{n,d} - \bar{Z}_d)}{\sqrt{\sum_n^N (Z_{n,h} - \bar{Z}_h)^2} \sqrt{\sum_n^N (Z_{n,d} - \bar{Z}_d)^2}} \right| , \quad (2)$$

Sendo que \bar{Z}_h e \bar{Z}_d são as médias das impedâncias na faixa de frequências escolhidas para a estrutura íntegra e estrutura com dano, respectivamente, e podem ser descritas como

$$\bar{Z}_h = \frac{1}{N} \sum_n^N Z_{n,h} , \quad (3)$$

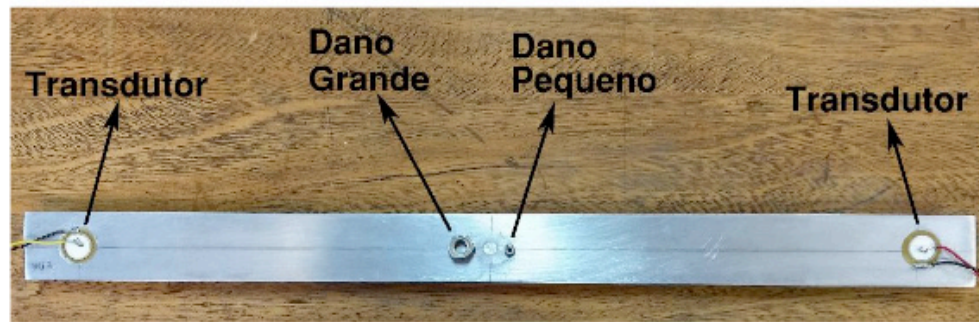
$$\bar{Z}_d = \frac{1}{N} \sum_n^N Z_{n,d} , \quad (4)$$

A determinação da faixa de frequência para análise da sensibilidade do sistema de medição e da presença do dano é um processo fundamental e empírico, baseado principalmente na tentativa e erro. No entanto, há estudos que buscam identificar e utilizar uma metodologia na determinação da faixa adequada utilizando, por exemplo, uma análise da faixa de ressonância do transdutor antes de sua instalação (PEAIRS; TARAZAGA; INMAN, 2007).

4 | METODOLOGIA PROPOSTA

Com finalidade de estudar a precisão e sensibilidade das técnicas de medição da impedância E/M e da FRF foram utilizadas duas estruturas, barra de alumínio com dimensões 500 x 38 x 3 mm e placa de alumínio com dimensões 1000 x 500 x 3 mm, em conjunto de duas porcas de parafuso de tamanhos diferentes, 5 x 2 mm e 13 x 6 mm, para simular, respectivamente, danos estruturais pequeno e grande.

Os transdutores piezelétricos foram acoplados à estrutura por meio do uso de cola instantânea a base de cianoacrilato. O posicionamento do transdutor na estrutura, tanto para a barra quanto para a placa, foi feito de forma a manter 30 mm de distância de sua extremidade. O seu posicionamento, quanto as bordas, foi situado no eixo central ao comprimento de ambas as estruturas, como mostrado na Figura 1. Em série com o transdutor, que opera como atuador, foi colocado o resistor R_s de valor 2,2 k Ω \pm 1%, que atua limitando a corrente e assegurando a tensão suficiente para que o efeito piezelétrico permaneça linear.



(a)



(b)

Figura 1 - Componentes utilizados para os ensaios na (a) barra e (b) placa de Alumínio

Fonte: Elaborado pelo autor

Para o teste de sensibilidade, os danos foram acoplados aproximadamente no centro geométrico da estrutura, ou seja, com posição dada por 250 x 19 mm para a barra e 500 x 250 mm para a placa. O teste de sensibilidade foi realizado para as duas técnicas de medição, impedância E/M e FRF, aplicando o sinal *chirp* como sinal de excitação com amplitude de 1 V, faixa de frequência de 0 a 300 kHz, com passo de 2 Hz, e taxa de amostragem de 2MS/s.

Para cada estrutura foi utilizado a técnica E/M convencional e a FRF, e foi avaliada a sensibilidade das duas técnicas para o dano grande e dano pequeno por meio do índice métrico de dano CDDM, descrito pela Equação (2). Foram realizadas 12 medições para cada situação realizada para cada técnica de medição, visto que é necessário verificar a repetição das medições de forma a estipular a faixa de detecção de dano. O resultado foi mensurado com o uso de um gráfico 3D de barra com seus eixos identificados pela faixa de frequência, e subfaixas avaliadas, o número da medição realizada e a amplitude dos índices.

O teste de precisão foi realizado para ambas as técnicas, impedância E/M convencional e FRF, em ambas estruturas, barra e placa de alumínio, medindo-se a impedância elétrica e FRF do transdutor sensor para a baseline da estrutura. O

transdutor foi excitado da mesma forma que no teste de sensibilidade, com sinal *chirp* calibrado com 1 V de amplitude, faixa de frequência começando em 0 e finalizando em 300 kHz, com passos de 2 Hz, e taxa de amostragem de 2 MS/s.

Diferentemente do ensaio de sensibilidade, a precisão não utiliza índices métricos para avaliar seu desempenho e sim a construção de histogramas e avaliação de parâmetros estatísticos. Os parâmetros estatísticos são calculados para um único ponto da assinatura de impedância, sendo escolhido um valor onde se localiza um ponto de frequência natural da estrutura. Para verificar a precisão dos métodos de medição em pontos de frequência natural da estrutura foram realizadas 200 medições para cada técnica em cada estrutura e, então, construídos os histogramas e calculado a média, desvio padrão e coeficiente de variação para as medições em cada estrutura. Foram utilizados, principalmente, o histograma e o coeficiente de variação devido às diferentes magnitudes das impedâncias obtidas para cada técnica de medição.

As técnicas de medição se diferenciam em alguns aspectos no momento da medição. Para a técnica de medição da impedância E/M é utilizado a parte real da impedância mensurada pelo sensor, enquanto para técnica de medição da FRF foi utilizado o módulo da FRF do transdutor sensor.

5 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Precisão

5.1.1 Barra de Alumínio

Para a estrutura “barra de alumínio” a frequência de ressonância escolhida para análise foi de 31,680 kHz para as duas técnicas de medição, e foi feito um histograma e calculado a média, o desvio padrão e o coeficiente de variação, como mostrado pela Figura 2.

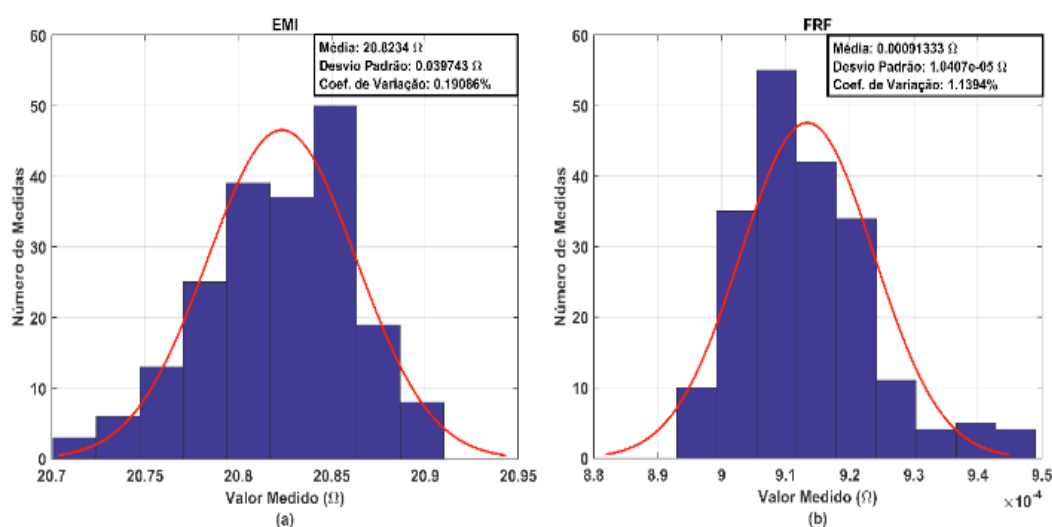


Figura 2 - Histograma e parâmetros estatísticos para 200 medições realizadas na barra de alumínio para as técnicas E/M convencional e FRF.

A técnica de medição E/M convencional por meio da análise das 200 medições para a parte real da impedância elétrica do transdutor piezelétrico apresentou, na frequência de 31,680 kHz, uma média de 20,8234 Ω e um coeficiente de variação de 0,19085%. A técnica de medição FRF, utilizando o módulo da impedância, obteve média de 0,9133 m Ω e um coeficiente de variação igual de 1,1394%. Como mostrado na Figura 2, a técnica E/M convencional apresentou um coeficiente de variação menor, 0,19085%, do que a técnica FRF, 1,1394%. Portanto, a diferença apresentada quando comparado os coeficientes de variação indica que a técnica E/M convencional apresentou maior precisão do que a técnica FRF.

5.1.2 Placa de Alumínio

Para a estrutura placa de alumínio o procedimento de análise foi realizado da mesma forma e a frequência de ressonância escolhida para análise da precisão foi a de 56,450 kHz. Analisando-se a parte real da impedância na frequência de ressonância escolhida das 200 medições realizadas para técnica de medição E/M convencional, como mostra a figura 3, foi obtido uma média de 25,6762 Ω e coeficiente de variação igual a 0,24349%. Para a técnica de medição FRF foram analisadas o módulo da impedância das 200 medidas e foi obtido uma média de 2,1226 m Ω e um coeficiente de variação de 4,5622%.

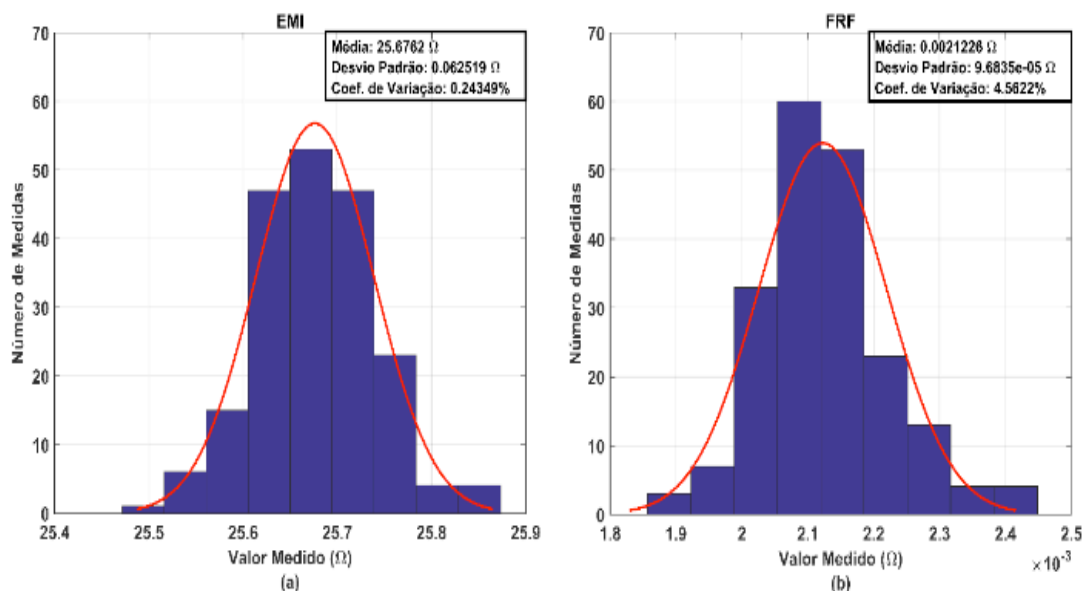


Figura 3 - Histograma e parâmetros estatísticos para 200 medições realizadas na placa de alumínio para as técnicas E/M convencional e FRF.

Fonte: Elaborado pelo autor

Evidenciado pela Figura 3, a técnica de medição E/M convencional apresentou

um coeficiente de variação menor, 0,24349%, do que a técnica de medição FRF, 4,5622%. Dessa forma, a técnica E/M convencional se apresentou mais precisa com um coeficiente de variação 18,736 vezes menor que a técnica FRF.

Analisando-se os resultados obtidos para as estruturas barra de alumínio e placa de alumínio para o ensaio de precisão é relevante notar que a técnica E/M convencional foi mais precisa para ambas as estruturas testadas do que a técnica FRF. Na barra de alumínio a técnica E/M convencional obteve um coeficiente de variação de 0,19085% enquanto a técnica FRF obteve 1,1394%. Na placa de alumínio, a técnica E/M obteve coeficiente de variação de 0,24349% enquanto a técnica FRF obteve coeficiente de variação igual a 4,5622%. Portanto, nas duas estruturas submetidas a teste a técnica E/M convencional se mostrou capaz de oferecer menos falsos-positivos quanto à detecção de danos a partir das frequências de ressonância do que técnica FRF.

5.2 Sensibilidade

5.2.1. Barra de Alumínio

O ensaio de sensibilidade foi realizado para as técnicas de medição E/M convencional e FRF na barra de alumínio na presença de um dano pequeno, e a análise realizada com o uso do índice CCDM pode ser visualizado na Figura 4. A técnica E/M convencional apresentou maior sensibilidade na faixa de 90 – 100 kHz, com CCDM aproximadamente 0,72, e amplitude relevante na faixa 50 – 70 kHz. A técnica FRF apresentou maior sensibilidade na faixa 90 – 100 kHz, com valor de CCDM aproximadamente 0,49, e valor relevante na faixa de 150 – 160 kHz.

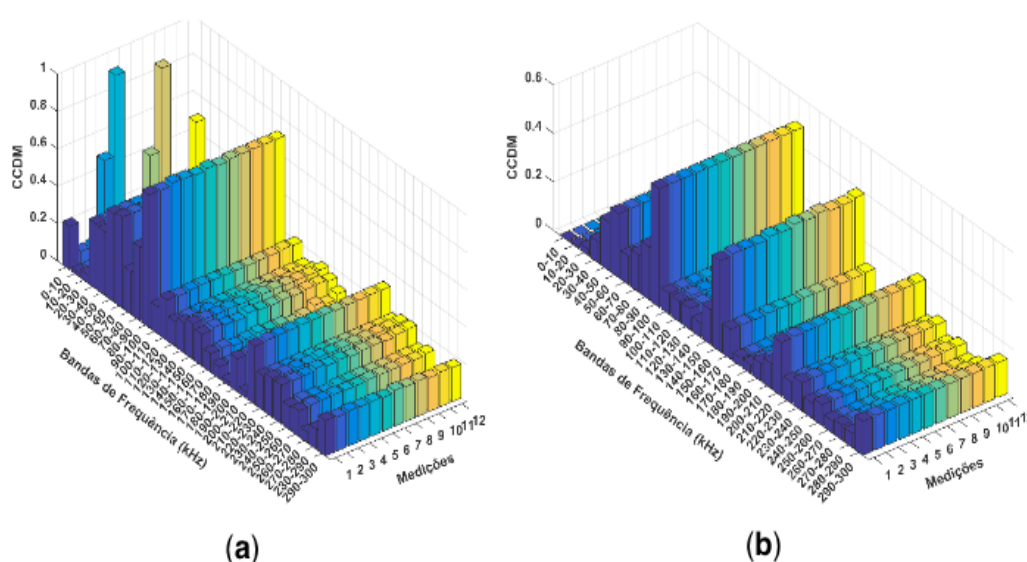


Figura 4 - Índice CCDM para o ensaio de sensibilidade realizado em uma barra de alumínio com dano pequeno para as técnicas (a) E/M convencional e (b) FRF.

Fonte: Elaborado pelo autor

O ensaio de sensibilidade também foi realizado para a barra de alumínio na

presença de dano grande, e foi analisada por meio do índice CCDM, como visto na Figura 5.

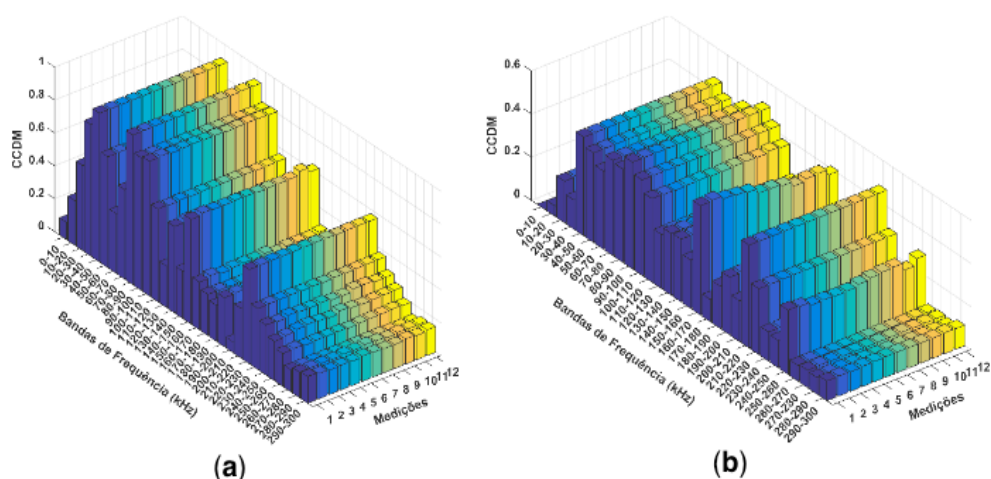


Figura 5 - Índice CCDM para o ensaio de sensibilidade realizado na barra de alumínio com dano grande para as técnicas (a) E/M convencional e (b) FRF.

Fonte: Elaborado pelo autor

A técnica de medição E/M convencional apresentou maior sensibilidade ao dano grande nas faixas de frequência 40 – 50 kHz e 80 – 90 kHz, com CCDM aproximadamente igual a 0,91, e valores relevantes nas faixas 30 – 40 kHz, 90 – 110 kHz, 150 – 160 kHz e 220 – 230 kHz. A técnica FRF apresentou maior sensibilidade ao dano grande nas faixas 40 – 60 kHz, 70 – 110 kHz e 210 – 220 kHz, com CCDM aproximadamente igual a 0,46, e valor relevante na faixa 150 – 160 kHz.

Portanto, como mostrado nas Figuras 4 e 5, a técnica de medição E/M convencional apresentou maior sensibilidade para detectar os danos pequenos e grandes quando comparado à técnica FRF devido a amplitude dos índices, principalmente o índice CCDM, nas faixas de frequência mais sensíveis. No entanto, é válido observar que a técnica FRF apresentou um maior número de faixas de frequência com sensibilidade para detectar os danos testados.

O índice CCDM permitiu a distinção do tamanho do dano para a técnica E/M convencional, mas apresentou valores muito próximos para a técnica FRF, limitando a distinção do tamanho do dano.

5.2.2. Placa de Alumínio

Para a estrutura placa de alumínio foi realizado o ensaio de sensibilidade da mesma forma como descrito na seção metodologia. A análise por meio do índice CCDM do ensaio de sensibilidade para a placa de alumínio, com dano pequeno, está ilustrada pela Figura 6.

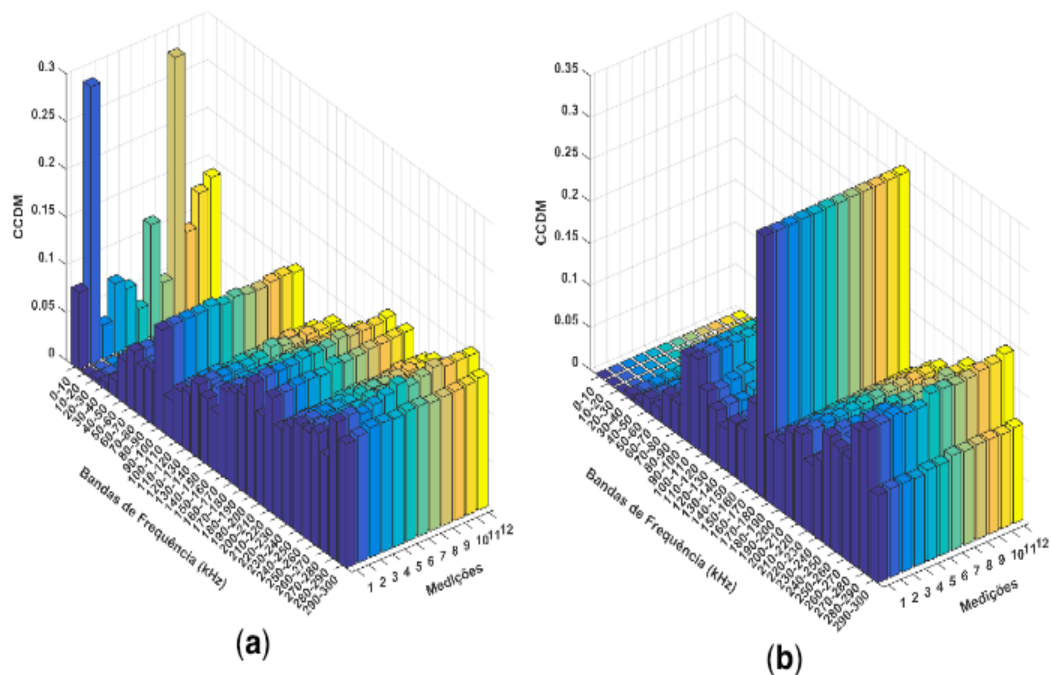


Figura 6 - Índice CCDM para o ensaio de sensibilidade realizado da placa de alumínio com dano pequeno para as técnicas (a) E/M convencional e (b) FRF.

Fonte: Elaborado pelo autor

A técnica de medição E/M convencional apresentou maior sensibilidade na faixa 280 – 290 kHz, com CCDM aproximadamente 0,1545, e boa sensibilidade nas faixas 190 – 200 kHz, 210 – 220 kHz e 290 – 300 kHz, além das frequências em torno da faixa com maior sensibilidade. A técnica FRF apresentou maior sensibilidade na faixa 170 – 180 kHz, com CCDM aproximadamente igual a 0,3149, e boa sensibilidade nas faixas 270 – 290 kHz.

A análise do ensaio de sensibilidade da placa de alumínio com dano grande com o uso do índice CCDM, relacionando o índice às faixas de frequência e medições realizada é ilustrada na Figura 7. A técnica E/M convencional apresentou maior sensibilidade nas faixas 210 – 220 kHz e 230 – 260 kHz, com CCDM aproximadamente 0,325, e apresentou boa sensibilidade em 120 – 150 kHz, 190 – 210 kHz e 260 – 300 kHz. A técnica FRF apresentou maior sensibilidade nas faixas de frequência 110 – 120 kHz e 260 – 270 kHz, com CCDM aproximadamente 0,330, e boa sensibilidade nas faixas 160 – 180 kHz, 200 – 220 kHz e 280 – 290 kHz, com CCDM aproximadamente igual a 0,28.

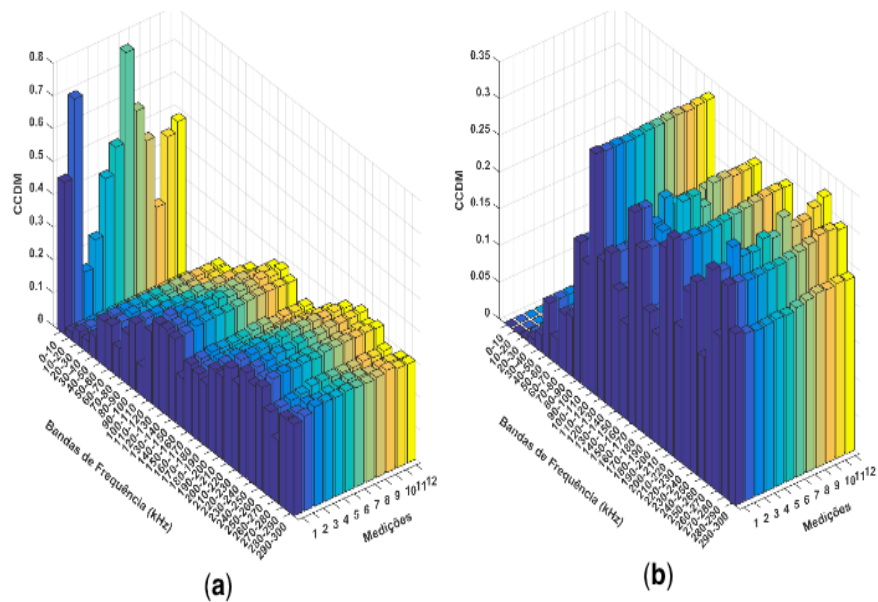


Figura 7 - Índice CCDM para o ensaio de sensibilidade realizado em uma placa de alumínio com dano grande para as técnicas (a) E/M convencional e (b) FRF.

Fonte: Elaborado pelo autor

Diferentemente de como ocorreu para a barra de alumínio, como é possível observar nas figuras 6 e 7, na placa de alumínio a técnica FRF apresentou maior sensibilidade para o índice CCDM na detecção dos danos utilizados durante o ensaio quando comparada a técnica E/M convencional devido a maior amplitude dos índices apresentados nas faixas mais sensíveis em cada situação.

É relevante analisar a capacidade de distinção do tamanho do dano estrutural, assim como feito para a barra de alumínio. Para o índice CCDM ambas as técnicas foram capazes de distinguir o tamanho do dano acoplado a estrutura, apresentando valores mais elevados para o índice nos danos maiores em comparação aos obtidos para o dano pequeno. No entanto, é importante observar que a técnica FRF apresentou valores muito próximos, podendo dificultar a diferenciação do tamanho do dano. Evidenciando a dificuldade da detecção do dano em estruturas de dimensões maiores.

6 | CONCLUSÃO

Este trabalho comparou as técnicas de medição baseadas na função de resposta em frequência, E/M convencional e a baseada na função de resposta em frequência (FRF), utilizadas em sistemas de SHM baseados na impedância E/M, quanto a duas importantes características: precisão e sensibilidade. Os testes foram realizados para as duas técnicas em duas estruturas de dimensões diferentes, uma barra de alumínio e uma placa de alumínio. Os resultados apresentados mostram características distintas em cada técnica para a precisão e para a sensibilidade, observando a capacidade em detectar o dano e diferencia-los de tamanho.

Para a placa de alumínio, ao se analisar o ensaio de precisão, assim como o

realizado para a barra de alumínio, na frequência de ressonância de 56,450 kHz mostrou a técnica E/M convencional mais precisa, com coeficiente de variação igual a 0,24349% e média igual a 25,6762 Ω , do que a técnica FRF, que obteve um coeficiente de variação igual a 4,5622% e média de 2,1226 m Ω . Desta forma, a técnica E/M convencional se apresentou mais precisa com um coeficiente de variação 18,736 vezes menor que a técnica FRF.

No ensaio de sensibilidade realizado na placa de alumínio, a técnica de medição FRF mostrou, por meio da análise do índice CCDM, maior sensibilidade para detecção dos danos grande e pequeno, com respectivos índices iguais a 0,1545 e 0,325, quando comparado à técnica de medição E/M convencional, que apresentou CCDM aproximadamente igual a 0,315 para o dano pequeno e 0,330 para o dano grande. Nas estruturas analisadas, a técnica E/M convencional quando comparada à técnica FRF se mostrou mais precisa, sensível e com capacidade de distinção do tamanho do dano na barra de alumínio. Já na placa de alumínio, a técnica E/M convencional se mostrou mais precisa, enquanto que a técnica FRF se mostrou mais sensível e com capacidade de distinção do tamanho do dano. Os resultados obtidos no desenvolvimento deste trabalho possuem relevância para serem considerados no desenvolvimento de sistemas de SHM e na escolha de qual técnica utilizar para monitorar uma estrutura em sistemas alternativos.

REFERÊNCIAS

- ALBAKRI, M. I.; TARAZAGA, P. A. Electromechanical impedance-based damage characterization using spectral element method. **Journal of Intelligent Material Systems and Structures**, v. 28, n. 1, p. 63–77, 2017.
- BAPTISTA, F. G.; VIEIRA FILHO, J. A New Impedance Measurement System for PZT-Based Structural Health Monitoring. **IEEE Trans. Instrum. Meas.**, v. 58, n. 10, p. 3602–3608, 2009.
- CHEN, X.; LI, X.; WANG, S.; YANG, Z.; CHEN, B.; HE, Z. Composite damage detection based on redundant second-generation wavelet transform and fractal dimension tomography algorithm of Lamb wave. **IEEE Trans. Instrum. Meas.**, v. 62, n. 5, p. 1354–1363, 2013.
- FARRAR, C. R.; WORDEN, K. Structural health monitoring: a machine learning perspective, **John Wiley & Sons, Ltd.**, 2013.
- GIURGIUTIU, V. Tuned lamb wave excitation and detection with piezoelectric wafer active sensors for structural health monitoring. **Journal of Intelligent Material Systems and Structures**, v. 16, n. 4, p. 291–305, abr. 2005.
- HE, Y.; TIAN, G.; ZHANG, H.; *et al.* Steel corrosion characterization using pulsed eddy current systems. **IEEE Sensors Journal**, v. 12, n. 6, p. 2113–2120, 2012.
- KHARRAT, M.; RAMASSO, E.; PLACET, V.; BOUBAKAR, L. A signal processing approach for enhanced Acoustic Emission data analysis in high activity systems: application to Organic Matrix Composites. **Mechanical Systems and Signal Processing**, v. 70–71, p. 1038–1055, 2016.
- LIANG, C.; SUN, F. P.; ROGERS, C. A. Coupled electro-mechanical analysis of adaptive material systems-determination of the actuator power consumption and system energy transfer. **Journal of**

Intelligent Material Systems and Structures, v. 5, n. 1, p. 12-20, 1994.

MARQUI, C.R.; BUENO, D.D.; BAPTISTA, F.G.; VIEIRA FILHO, J.; SANTOS, R.B.; LOPES JUNIOR, V. 2008. "External disturbance effect in damage detection using electrical impedance," In: **Proceedings of International Modal Analysis Conference** Orlando, FL, No. 26, paper 286.

MEITZLER, A. H. *et al.* IEEE standard on piezoelectricity: An American national standard. New York: **IEEE-ANSI**, 66 p., Std., 176, 1988.

PEAIRS, D. M.; INMAN, D. J.; PARK, G. Circuit analysis of impedance-based health monitoring of beams using spectral elements. **Structural Health Monitoring**, v. 6, n. 1 p. 81–94, 2007.

PEAIRS, D. M.; PARK, G.; INMAN, D. J. Improving accessibility of the impedance-based structural health monitoring method. **J. Intell. Mater. Syst. Struct.**, v. 15, n. 2, p. 129-139, 2004.

PEAIRS, D. M.; TARAZAGA, P. A.; INMAN, D. J. Frequency range selection for impedance-based structural health monitoring. **Journal of Vibration and Acoustics**, New York, v.129, n. 6, p. 701-719, 2007.

TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO APLICADAS À MINERAÇÃO NA REGIÃO SEMIÁRIDA DO SERIDÓ POTIGUAR

Paulo Sérgio de Rezende Nascimento

Programa de Pós-Graduação em Geociência e
Análise de Bacias e Departamento de Engenharia
Ambiental, UFS
Aracaju - Sergipe

RESUMO: A mineração dos quartzitos no município de Ouro Branco no Estado do Rio Grande do Norte restringe-se ao modelo extrativista, sem agregação de valor a esse bem mineral. O quartzito explorado rusticamente e vendido em placas brutas com preço abaixo do mercado é decorrente da desagregação de valor desse bem mineral no próprio município. Outro entrave era a ausência de mapas temáticos relacionados à atividade minerária, visando maximizar a exploração mineral e verticalizar a produção dessa atividade. Desta forma, os objetivos desse trabalho consistiram em gerar mapas temáticos e elaborar um banco de dados georreferenciados, como forma de armazenar, consultar, visualizar, manipular e gerar subsídios para o estabelecimento adequado das atividades minerárias na área de estudo. Os materiais utilizados foram o Mapa Topográfico Jardim do Seridó e as imagens orbitais OLI/Landsat-8. Os procedimentos de mapeamento dos mapas temáticos foram realizados no Sistema de Processamento de Informação Georreferenciada (SPRING), com suporte de

trabalho de campo. Os resultados mostraram que é possível organizar e disponibilizar, em uma plataforma unificada georreferenciada, mapas temáticos relacionados à mineração, contribuindo para a formação de um ferramental técnico-gerencial para o desenvolvimento apropriado da mineração de quartzito e para subsidiar o processo de agregação de valor ao produto final.

PALAVRAS-CHAVE: Imagem Landsat-8, Interpretação Visual, Processamento Digital de Imagem.

ABSTRACT: Quartzite mining in the municipality of Ouro Branco in the State of Rio Grande do Norte is restricted to the extractive model, without adding value to this mineral commodity. The quartzite explored rustically and sold in crude plates with below market price is due to the disaggregation of value of this mineral commodity in the municipality itself. Another obstacle was the absence of thematic maps related to the mining activity, aiming to maximize the mineral exploration and to verticalize the production of this activity. In this way, the objectives of this work were to generate thematic maps and to elaborate a georeferenced database, as a way of storing, consulting, visualizing, manipulating and generating subsidies for the proper establishment of mining activities in the study area. The materials used were the Topographic

Map Jardim do Seridó and the OLI/Landsat-8 orbital images. The mapping procedures of the thematic maps were carried out in the Georeferenced Information Processing System (SPRING), with field work support. The results showed that it is possible to organize and make available, in a unified georeferenced platform, thematic maps related to mining, contributing to the formation of a technician-managerial tool for the proper development of quartzite mining and to subsidize the process of value adding to the final product.

KEYWORDS: Landsat-8 Image, Visual Interpretation, Digital Image Processing.

1 | INTRODUÇÃO

No Estado do Rio Grande do Norte, a maioria dos mapeamentos temáticos na escala igual o superior a 1:100.000 concentram-se nas regiões litorâneas. Com exceção de alguns mapeamentos do Serviço Geológico do Brasil (CPRM/SGB) e da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), no interior do estado, a maioria dos mapeamentos são na escala de 1:500.000. Nesse contexto, encontra-se Ouro Branco, município do semiárido potiguar, cujos mapas temáticos existentes estão na escala de 1:500.000 ou menores. O município de Ouro Branco, área de estudo desse trabalho, localiza-se na microrregião Seridó Oriental (RN), geologicamente situada na Província Pegmatítica da Borborema, importante área geoeconômica, destacando a mineração de quartzitos.

A Província Pegmatítica da Borborema é uma importante área geoeconômica do Estado do Rio Grande do Norte, decorrente das inúmeras ocorrências de rochas ornamentais, minerais metálicos e e gemas, associados ou não aos vários corpos de pegmatitos brasileiros. Essa atividade econômica induz a produção de uma enorme quantidade de dados espaciais e não espaciais, porém, atualmente, quando existentes, eles encontram-se de maneira isolada e em diversos formatos (NASCIMENTO; PETTA, 2008). Dessa forma, de acordo com Nascimento *et al.* (2009), é necessário a organização desses dados visando armazenar, consultar, visualizar, manipular e gerar informações para variados fins, como por exemplo: (i) a avaliação da dimensão ou potencial econômico das jazidas; (ii) o desenvolvimento de métodos de lavra e o beneficiamento de acordo com cada tipo de jazimento; e (iii) a localização das minerações empresariais e garimpeiras.

As principais atividades econômicas do município de Ouro Branco são a agropecuária e a mineração, o que possibilitou a formação de uma classe trabalhadora denominada de garimpeiros-agricultores ou agricultores-garimpeiros. Com relação à mineração, destaca-se a extração de quartzitos utilizados na produção de peças de revestimento rústico destinada à fabricação de pisos externos e muros. O quartzito é vendido bruto e em placas para cidade de Várzea (PB), abaixo de preço do mercado, o que provoca uma grande perda do valor econômico desse bem mineral para o município de Ouro Branco e para o Estado do Rio Grande do Norte. Desta forma, a falta

de agregação de valor é o principal entrave para o crescimento socioeconômico dos mineradores e garimpeiros. Esta limitação do desenvolvimento do setor mineral local advém da carência de mapas temáticos, o qual engessa áreas com potencialidade mineral e dificulta o seu aproveitamento em benefício da comunidade.

Se por um lado, a política de aproveitamento dos quartzitos em Ouro Branco tem se concentrado ao modelo extrativista, não agregando valor ao produto extraído e, portanto, não ampliando os benefícios socioeconômicos. Por outro lado, o modelo de verticalização da produção dos quartzitos no município é desejável e produz maior benefício socioeconômico e comercialização. Ou seja, o desenvolvimento eficaz dessa atividade mineral abrange: a prospecção, a extração, o beneficiamento e a comercialização. Essas etapas agregam valor ao quartzito no próprio município e estado.

A partir desse contexto, os objetivos desse trabalho foram: (i) elaborar um Banco de Dado Georreferenciado (BDG), visando à manutenção de uma base de dados geográficos atualizada, unificada e adequada para mapear em meio digital as entidades geográficas relacionadas aos corpos quartzíticos, gerando informações que auxiliem no desenvolvimento da mineração; e (ii) gerar mapas temáticos (geológico, vegetação e uso do solo geomorfológico, pedológico, declividade,), na escala de 1:50.000, por técnicas de interpretação visual e automática de imagens orbitais do sensor OLI do satélite Landsat 8 (com apoio de trabalho de campo), essenciais nas etapas de prospecção e extração mineral.

2 | ÁREA DE ESTUDO

O município de Ouro Branco, área de estudo desse trabalho, localiza-se na porção extremo sul do Estado do Rio Grande do Norte, situado na microrregião Seridó Oriental (mesorregião Central Potiguar). A sede do município tem uma altitude média de 223 metros e coordenadas 6°42'03" de latitude Sul e 36°56'45" de longitude Oeste, distando da capital Natal cerca de 271 km. O seu acesso a partir de Natal é feito pelas rodovias pavimentadas BR-226, BR-427, RN-288 e RN 089.

O Estado do Rio Grande do Norte localiza-se geotectonicamente na Província Borborema (Subprovíncia Setentrional). O substrato é constituído por rochas pré-cambrianas que ocupam cerca de 65% de sua área territorial e o restante por rochas sedimentares mesocenoicas (CPRM, 2006). De acordo com Campelo (1999), essa província geotectônica é limitada pelas zonas de cisalhamento brasileiras Portalegre e a Picuí-João Câmara. O substrato pré-cambriano compreende três domínios tectonoestruturais: (i) Domínio Jaguaribeano, a oeste; (ii) Domínio São José do Campestre, a leste; (iii) Domínio Rio Piranhas-Seridó, parte central, onde está inserida a área de estudo (BRITO NEVES *et al.*, 2000).

O Grupo Seridó é representado pelas formações Jucurutu e Equador e, no topo, pela Formação Seridó, onde se encontram os quartzitos explorados em Ouro Branco,

foco desse trabalho. Sua litologia dominante consta de micaxistos feldspáticos ou aluminosos de fácies de médio a alto grau metamórfico, com sítios restritos de fácies de baixo grau metamórfico. A fácies de médio a alto grau metamórfico é representada por biotita xistos granadíferos, podendo conter estauroлита, cianita, andalusita, cordierita e sillimanita. Na porção inferior da formação ocorrem intercalações de mármore, rochas calcissilicáticas, paragneisses, rochas metavulcânicas básicas, quartzitos e metaconglomerados (CPRM, 2006).

Do ponto de vista econômico essa unidade contém inúmeros corpos pegmatíticos com mineralizações metalíferas e gemas tais como: Be (berilo e água marinha), Ta/Nb (tantalita/columbita), Sn (cassiterita), Li (amblygonita) e Bi (bismutinita), além dos não metálicos, turmalina, quartzo, micas, feldspato e caulim. Na região de Currais Novos, na mina São Francisco, ocorre mineralização de ouro associada a veios de quartzo sulfetados em zona de cisalhamento transcorrente.

No que concerne às reservas de quartzitos, salienta-se que as mesmas não estão oficialmente calculadas, visto que esses jazimentos são explorados de uma forma irregular. Em função da informalidade das operações os quais não se dispõem de dados oficiais, onde normalmente a exploração dos quartzitos dá-se em regime de garimpo. A produção em 2005 oriundas dos municípios de Parelhas e Ouro Branco, municípios potiguares, foi estimada em torno de 500.000 m²/ano (CPRM, 2006); não há dados atuais de produção e nem mapeamentos em escala maior que 1:100.000, fato que incentivou a realização desse trabalho.

3 | MATERIAL E MÉTODO

Os materiais necessários para o desenvolvimento desse trabalho foram: (i) carta topográfica digital Folha Jardim do Seridó (SB.24-Z-B-V), escala 1:50.000, Projeção UTM, Zona 24 Sul, Datum SAD69; (ii) imagens orbitais OLI/Landsat-8, órbita/ponto 215/65, datadas de 05 de fevereiro de 2018 e 28 de setembro de 2018, distribuídas gratuitamente pela Agência Espacial Americana (NASA - *National Aeronautics and Space Administration*); e (iii) programa computacional de geoprocessamento Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING – Versão 5.5.5) desenvolvido e disponibilizado gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). É importante ressaltar que as imagens utilizadas não apresentavam coberturas de nuvem e as diferentes datas estão relacionadas com os distintos ângulos de elevação solar. Os ângulos mais baixos (imagens adquiridas no verão) são essenciais para extração de feições geológicas e os mais altos, para extração de feições da vegetação e uso da terra.

As principais etapas de operacionalização realizadas para atingir os objetivos desse trabalho corresponderam: (i) criação do Banco de Dado Georreferenciado (BDG); (ii) restauração e registro das imagens Landsat; (iii) fusão de imagens pelo método IHS (*Intensity, Hue e Saturation*); (iii) composição colorida e realce do contraste

das imagens; e (iv) compilação e confecção dos mapas temáticos por técnicas de interpretação visual e processamento automático de imagens digitais.

No SPRING, o ambiente de trabalho é organizado de acordo com o esquema conceitual associado às entidades do BDG, indicando para cada tipo de dado geográfico (dado espacial) os seus atributos não espaciais (dados alfanuméricos) e as representações geométricas associadas, ou seja, a definição da estrutura do banco precede a entrada dos dados (CÂMARA *et al.*, 1996). Para se operar no SPRING é necessário definir o esquema físico em que o dado será inserido. Isso significa definir um Banco de Dados, um Projeto, as Categorias e os Planos de Informação. Nesse sentido, o banco de dados se caracteriza por ser abrangente, pois as informações armazenadas são úteis para outras pesquisas que utilizem total ou parcialmente, os mesmos tipos de informações. Além disso, novas informações podem ser inseridas para complementar aquelas já existentes ou para realizar outras configurações que se façam necessárias. Assim, o primeiro passo, após definir a estrutura do banco foi a importação automática da cartografia básica digital, especificamente, a rede de drenagem e as isoípsas. Foram realizados alguns ajustes de edição em algumas curvas de nível interrompidas e ausentes de valores altimétricos. A rede de drenagem foi completada, posteriormente, com as imagens Landsat fusionadas para 10 metros de resolução espacial (banda pancromática restaurada).

Antes do registro (georreferenciamento) das imagens, foi realizado o procedimento de restauração das imagens Landsat para a reamostragem radiométrica e geométrica, com consecutivo aumento nos tamanhos dos pixels de 30x30m para 20m por 20m para as bandas multiespectrais e de 15x15m para 10m por 10m para a banda pancromática. Obtendo-se imagens reescaladas em suas resoluções radiométricas e espaciais com relação às imagens originais. Esse procedimento foi realizado em um projeto sem projeção cartográfica para garantir que as mesmas não fossem modificadas e perdessem suas características originais (NASCIMENTO; PETTA, 2010), as quais são essências para a interpretação dos alvos terrestres (rocha, solo, água, vegetação etc.). Após esse procedimento, as imagens foram registradas e só então inseridas automaticamente no BDG.

O registro, mais conhecido como georreferenciamento, de uma imagem orbital compreende uma transformação geométrica que relaciona as coordenadas da imagem (linha, coluna) com as coordenadas geográficas (latitudes e longitudes) de um sistema de referência. Essa transformação elimina distorções existentes na imagem, causadas no processo de formação da imagem, pelo sistema sensor e por imprecisão dos dados de posicionamento do satélite (CARVALHO; LAENDER, 2007). No presente trabalho, o registro foi essencial para a integração das imagens a um sistema de referência. Assim, no SPRING, esse sistema de referência é, em última instância, o sistema de coordenadas planas da projeção adotada (Projeção UTM) e transformada para o Datum SIRGAS 2000 (Resolução do Presidente do IBGE nº 01 de 25/02/2005). O Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS) é o novo sistema

de referência geodésico para o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) e para o Sistema Cartográfico Nacional (SCN). O emprego de outros sistemas que não possuam respaldo em lei, pode provocar inconsistências e imprecisões na combinação de diferentes bases de dados georreferenciadas. Aplicou-se a transformação polinomial e a reamostragem sobre os níveis de cinza das imagens foi realizada pelo interpolador bilinear. Como resultado, há alteração do valor do nível de cinza do pixel em função da sua vizinhança, mas é indicado em imagens onde há considerável heterogeneidade nos níveis de cinza dos pixels, como é o caso das imagens utilizadas e dos alvos terrestres presentes na área de estudo.

Restauradas, registradas e inseridas no BDG, as imagens Landsat foram processadas automaticamente por técnicas de Processamento Digital de Imagens (PDI) visando aumentar a potencialidade de discriminação dos alvos pelo fotointérprete (NOVO, 2013). Em seguida, novas imagens foram geradas com melhor resolução espacial (SCHOWENGERDT, 1997). A técnica utilizada foi a fusão de imagens, que preserva a qualidade espectral das bandas multiespectrais e transfere as informações de detalhes da banda pancromática para o produto híbrido. No SPRING, esse procedimento é realizado pela Transformação IHS (*Intensity, Hue e Saturation*), o qual permite que a componente intensidade (I) seja desacoplada da informação da cor da composição colorida da imagem (matiz e saturação). A componente de intensidade é substituída pela banda pancromática, que após a restauração das imagens passou de 15 metros de resolução espacial para 10 metros e as bandas multiespectrais, originalmente de 30 metros, foram transformadas para 20 metros.

Para execução da transformação do sistema RGB (*Red, Green, Blue*) para o sistema IHS foram utilizadas a combinação das seis bandas multiespectrais: (i) visível (bandas 2, 3 e 4); (ii) infravermelho próximo (banda 5) e infravermelho de ondas curtas (bandas 6 e 7). Foram empregados diferentes ordenamentos no sistema RGB, bastando apenas compreender o comportamento espectral dos alvos e quais os alvos se pretende extrair das imagens. As combinações nas seguintes sequências do sistema RGB 5R, 6G e 4B; 6R, 5G e 7B; e 4R, 3G e 2B foram às composições coloridas mais significativas, isto é, com maior potencial de discriminação dos alvos de interesse. Essas composições coloridas possibilitaram elaborar distintas chaves de fotointerpretação, a partir da adaptação da metodologia difundida por Florenzano (2011).

Realizada esta etapa, as composições coloridas falsas cor 5R6G4B e 6R5G7B e verdadeira cor 4R3G2B foram realçados pelo método de contraste linear, que tem por objetivo melhorar a qualidade visual das imagens sob os critérios subjetivos do olho humano e então ficaram prontas para a fotointerpretação. É importante ressaltar que muitos autores, como Meneses e Almeida (2012), indicam realizar o realce do contraste de cada banda da imagem antes da confecção da composição colorida. No entanto, considero inadequado, pois não há como desfazer o contraste, caso ocorra, por exemplo, a perda de informação por *overflow* na composição colorida. Desta forma,

recomendo realizar a composição colorida com as imagens no estado original (bruto), e então, realizar o realce em cada banda espectral, visualizando e modificando o seu histograma individualmente até atingir o realce desejado.

O procedimento metodológico adotado para a interpretação visual das composições coloridas supracitadas foi baseado no processo sistemático e lógico de fotointerpretação de imagens de satélites desenvolvido por Veneziani e Anjos (1982). Em linhas gerais, esse método utiliza os elementos de reconhecimento dos objetos nas imagens mais significativos como: forma, padrão, textura, cor, tamanho, drenagem, tipo de encostas (convexo, côncavo e retilíneo), dentre outras, os quais discriminam os diferentes alvos nas imagens. A interpretação das imagens realizou-se diretamente no monitor do computador e durante essa atividade empregou-se a ferramenta *zoom*, possibilitando a melhor definição e delimitação das referidas áreas homogêneas (zonas homólogas). A definição das áreas homogêneas foi realizada por digitalização manual à medida que foram sendo identificadas no processo de interpretação e relacionando-as com as tipologias de rochas, relevos, solos, vegetação e uso do solo. Nesse processo fotointerpretativo, chaves interpretativas mentais são formadas de acordo com o comportamento espectral dos alvos. Esse comportamento espectral é intrínseco de cada banda e resulta em uma cor típica em cada composição falsa cor. Assim, é recomendado que se utilize mais de uma composição falsa cor, como foi o caso desse trabalho.

Os materiais colaterais para a confecção dos mapas de geologia, geomorfologia e pedologia foram: Mapa Geológico da Folha Jardim do Seridó do Serviço Geológico do Brasil - CPRM (2007), escala 1:100.000; e Mapa de Reconhecimento de Média e Alta Intensidade de Solos de uma área piloto do Núcleo de Desertificação do Seridó, Estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba (EMBRAPA, 2002), escala 1:100.000, com seus respectivos relatórios. Esses materiais colaterais foram de grande auxílio na fotointerpretação visual das imagens digitais.

Após a geração dos mapas fotointerpretados de geologia, pedologia e geomorfologia, foram realizados os trabalhos de campo, com verificação das características *in loco*, aproximadamente de 500 a 500 metros, principalmente nos pontos de dúvidas identificados na fotointerpretação. Os dados de campo foram inseridos nos mapas, gerando os mapas geológico, pedológico e geomorfológico, na escala de 1:50.000.

O mapa de cobertura vegetal e uso do solo foi resultado da interpretação visual de imagens com base nos padrões fotográficos (cor, textura, forma, padrão, dimensão, tonalidade e contexto) das composições coloridas verdadeira e falsas cores supracitadas. É importante ressaltar que a composição colorida 5R6G4B foi a que norteou esta etapa, porque ressalta a vegetação em tons de vermelho e o solo exposto em tons azulados, cujos comprimentos de onda são mais perceptíveis ao olho humano. As tipologias de vegetação também ficaram bem demarcadas de acordo com a textura do dossel (homogêneo ou heterogêneo), com ou sem influência de solo exposto, este,

como já exposto, com variações de tons azulados (ciano). A área urbana do município, apesar de, também, se apresentar azulada, a textura tipificada pelos arruamentos foi suficiente para delimitá-la. É importante ressaltar que a legenda das classes foi definida segundo a nomenclatura adotada pelo IBGE (1992), nas verificações em campo e na escala de trabalho (1:50.000).

O mapa de classes de declividade foi elaborado por processamento automático através de máscaras móveis, explorando-se a função de derivação na vizinhança de cada célula para toda a área de interesse, desde a geração das grades triangular e regular até o fim do processo. Findado o mapa, realizou-se a eliminação de pixels isolados (espúrios) no interior das classes de declividade formadas por um conjunto maior e significativo de pixels, tornando o produto mais compreensível (NASCIMENTO e GARCIA, 2004). Os principais procedimentos foram: (i) geração de uma grade triangular de altimetria a partir das curvas de nível, pontos cotados e rede de drenagem; (ii) geração de uma grade retangular de altimetria obtida da grade triangular; (iii) geração de uma grade de declividade obtida pelo fatiamento da grade de declividade em intervalos obtidos pela análise estatística dos intervalos mínimo e máximo, quartis inferior e superior e mediana.

O mapa hipsométrico foi confeccionado pelo fatiamento por arco-íris a partir das curvas de nível da carta topográfica Jardim do Seridó. Assim como para as classes de declividade, os intervalos altimétricos foram definidos com base na análise estatística dos intervalos mínimo e máximo, quartis inferior e superior e mediana.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos mapas temáticos fotointerpretados por vetorização (digitalização) manual e gerados por técnicas de PDI foi possível configurar o ambiente físico-biótico-antrópico da região, na escala de 1:50.000, e assim obter uma base cartográfica, antes inexistente na área de estudo. Assim, apoiado em bases conceituais e tecnológicas configurou-se um ambiente computacional que proporcionou o armazenamento das informações cartográficas relacionadas às atividades mineiras no BDG. Esse banco de dados formou uma plataforma unificada de informações contendo os documentos cartográficos da área de estudo, como carta topográfica, imagens de satélite, mapas temáticos e dados alfanuméricos (descrição dos atributos de cada mapa temático). Configurou-se então a integração das geoinformações espaciais com seus respectivos atributos, típicos de um banco de dados relacional. O armazenamento de dados em um ambiente computacional integrado possui várias vantagens, como a concentração de informações, acesso rápido e automático, inserção de novos dados, atualizações e cruzamentos de mapas temáticos visando obter novos produtos.

O gerenciador do BDG foi o SQLite, na projeção UTM/SIRGAS-2000 com meridiano central 24° Oeste, cujo retângulo envolvente da área de estudo possui as coordenadas plano-retangulares: $X_{min} = 719028$ m, $X_{max} = 741231$ m e $Y_{min} =$

9247500 m e $Y_{max} = 9273006$ m. Apesar da escala da carta topográfica adotada ser de 1:100.000, os mapas gerados foram na escala de 1:50.000, proporcionados pelos procedimentos de restauração e fusão de imagens e pelo trabalho de campo. Assim, a utilização de imagens Landsat foi apropriada para atingir os objetivos do presente trabalho. O resultado do registro das imagens obteve uma exatidão de 0,3 pixel, precisão de acordo com o Padrão de Exatidão Cartográfica Planimétrica Estabelecido (BRASIL, 1996).

Os mapas apresentados nesse trabalho fornecem as informações necessárias em formato aberto, de fácil acesso e compreensão para subsidiar as tomadas de decisões. Outras informações podem estar conectadas aos mapas por meio de tabelas, as quais podem ser acessadas e aplicadas, conforme a necessidade do usuário. E ainda, novos dados podem ser incorporados continuamente à medida que os estudos vão se aprofundando.

O potencial tecnológico utilizado nesse trabalho se destaca na geração, organização e centralização das informações em uma única base de dados, que possibilitam vários tipos de modelagem espaciais essenciais no processo de mineração, como por exemplo, a utilização de estatísticas espaciais. No momento, o foco do trabalho concentrou-se no mapeamento regional das principais características físicas, bióticas e antrópicas da área de estudo. Um ponto de partida para estudos de maiores detalhes, tanto no mapeamento tradicional de campo como no uso das potencialidades das geotecnologias. Essa breve discussão tem a finalidade de mostrar a relevância do mapeamento básico para qualquer atividade econômica, pois é essencial o conhecimento do meio físico sobre o qual serão desenvolvidos empreendimentos que alterem a estrutura original das características ambientais, como é o caso da mineração.

A seguir são mostrados e discutidos os mapas temáticos geológico, vegetação e uso da terra, geomorfológico, pedológico, declividade e hipsométrico (Figuras 1 a 4). Esses mapas estão armazenados no BDG nos formatos vetorial e matricial (*raster*). Dessa forma, eles estão disponíveis para a integração dessas informações (sobreposição a partir da estruturação de arquivos de cruzamentos de mapas) por operações de álgebras de mapas através das técnicas disponíveis em um Sistema de Informação Geográfica (SIG) ou qualquer outro procedimento que auxilie no desenvolvimento da cadeia produtiva dos quartzitos do município de Ouro Branco (RN).

No processo fotointerpretativo das imagens Landsat, as zonas homólogas definidas pelas características texturais e estruturais das redes de drenagens, como densidade, tropia, assimetria e angularidade foram essenciais para a delimitação inicial das rochas, relevos e solos. A geologia da área é composta pelo Complexo Caicó e Grupo Seridó (Figura 1).

O Complexo Caicó inclui uma grande quantidade de litologias na região da microrregião Seridó Oriental Potiguar. No entanto, em campo, na porção sul da

área, foram verificadas somente rochas gnaisse-migmatíticas, apresentando relevos convexos muito dissecados pela erosão. Predominam os argissolos cobertos por vegetação arborizada e planossolos cobertos por gramíneo lenhosa. Na porção oeste da área, a rocha calcissilicática de Formação Jucurutu também se apresenta bastante dissecada pela dissolução dos carbonatos, também formando argissolos, com raros neossolos litólicos em áreas mais silicáticas e neossolos flúvicos nos vales abertos dos rios intermitentes.

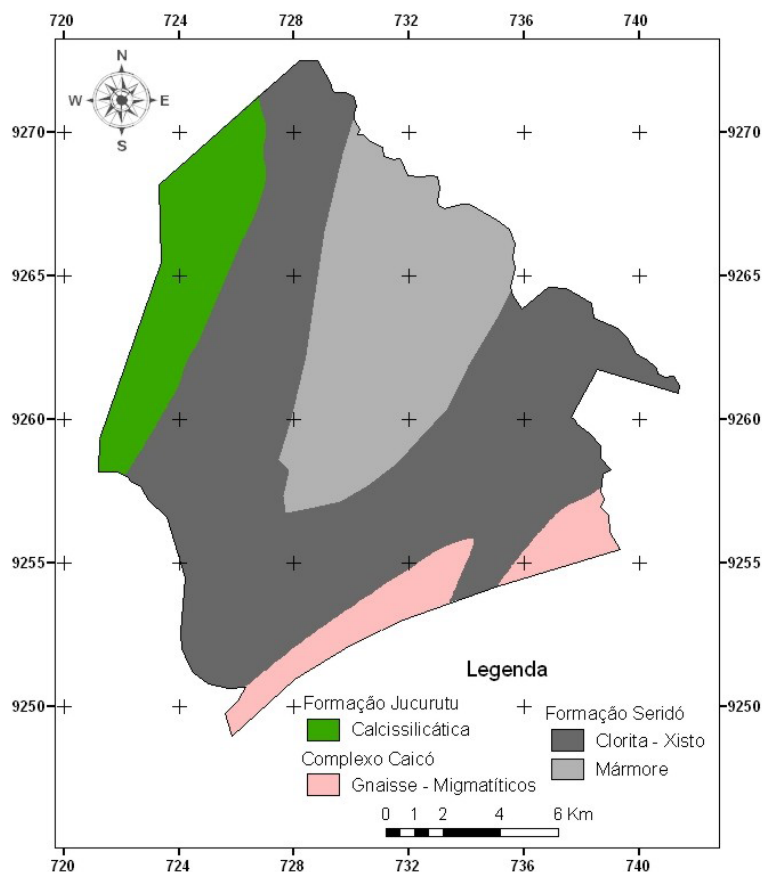


Figura 1. Mapa geológico do município de Ouro Branco - RN.

Apesar da vegetação, por vezes, mascarar o comportamento espectral da rocha calcissilicática e do gnaisse-migmatítico, este se apresenta com albedos bem menores que as calcissilicáticas. As rochas clorita-xistos e mármore da formação Seridó também foram fáceis de serem discriminadas nas imagens. A primeira apresenta albedo muito inferior ao mármore, porém, este apresenta albedo e, conseqüentemente, o comportamento espectral muito próximo da calcissilicática da Formação Jucurutu. As superfícies tabulares e convexas auxiliaram muito o processo de fotointerpretação, mas somente no trabalho de campo foi possível definir com precisão as litologias com seus limites e suas distribuições espaciais.

De acordo com a Classificação do IBGE, o tipo de vegetação dominante no semiárido nordestino é a Savana-Estépica, divididas em quatro subgrupos (Florestada, Arborizada, Parque e Gramíneo-lenhosa). Para a fotointerpretação da vegetação (Figura 2), os padrões inicialmente observados nas imagens foram caracterizados

segundo os parâmetros: tonalidade (alta, média alta, média baixa, baixa), cor (vermelha, verde, magenta e ciano do espaço de cor RGB), textura (lisa, média lisa, média rugosa e rugosa) e forma (regular e irregular). As tonalidades alta e média alta apresentadas pelos grupos das Savanas-Estépicas Parque e Gramíneo-Lenhosa são devidas a grande contribuição do alvo solo e ao menor retroespalhamento da Radiação Eletromagnética (REM) desses grupos. Em oposição, as tonalidades média baixa e baixa, características da Savana-Estépica Arborizada, são devidas a pequena contribuição do solo e ao maior retroespalhamento da REM no dossel deste grupo.

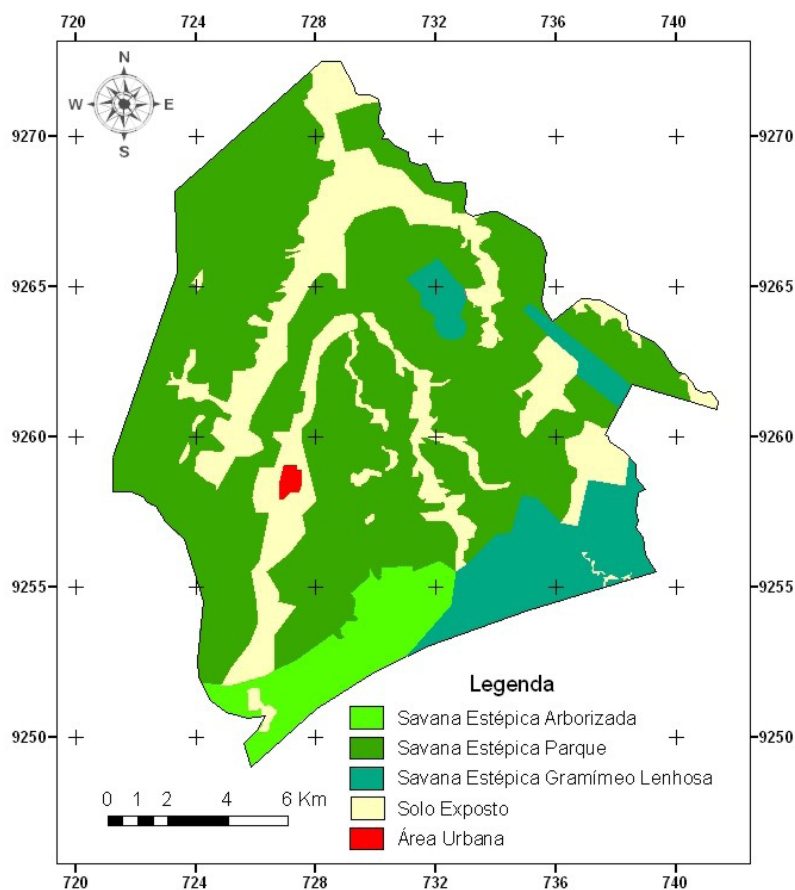


Figura 2. Mapa da vegetação e uso da terra do município de Ouro Branco - RN.

Os aspectos fisionômicos de ação antrópica apresentaram uma certa variabilidade de tipos de usos da terra, mas, em virtude das limitações impostas pela resolução espacial das imagens orbitais, impediu que algumas feições de uso da terra específicas fossem incluídas no mapa. Feições essas que isoladas não são cartografáveis, mas quando unidas são muito representativas. No entanto, pelo trabalho de campo, podem ser citados como pequenas plantações de palma, macaxeira, agave, milho, algodão e cajueiro, compondo a classe agrícola familiar. Além disso, muitas dessas áreas são compostas por mineração de quartzitos e solos preparados para plantio.

Dessa forma, a separação por interpretação visual entre as três tipologias de Savanas-Estépicas foi mais adequada com composição falsa cor 5R/6G/4B das imagens Landsat-8. A Savana-Estépica Arborizada apresentava cores mais avermelhadas e esverdeadas do que as Savanas-Estépicas Parque Gramíneo-Lenhosa, que

apresentavam matizes magenta e ciano, respectivamente, devido à contribuição do solo (menor contribuição na Savana-Estépica Parque e maior, na Savana-Estépica Gramíneo-Lenhosa). A análise dos diagramas de frequências tanto dos tons de cinza quanto dos matizes, disponíveis no SPRING, possibilitou esse tipo de interpretação e discriminação de alvos com diferenças tênues de radiâncias. Os alvos identificados e não identificados na fotointerpretação foram comprovados em campo e utilizados como chaves para interpretação em toda a imagem.

O mapa geomorfológico (Figura 3) apresentou características das redes de drenagens e relevo mais proeminentes ou mais planares claramente nas imagens. As chaves de interpretação visual auxiliaram na identificação das feições geomorfológicas. Os critérios para delimitação das unidades foram as rupturas nos talvegues (quebras negativas) e nos interflúvios (quebras positivas).

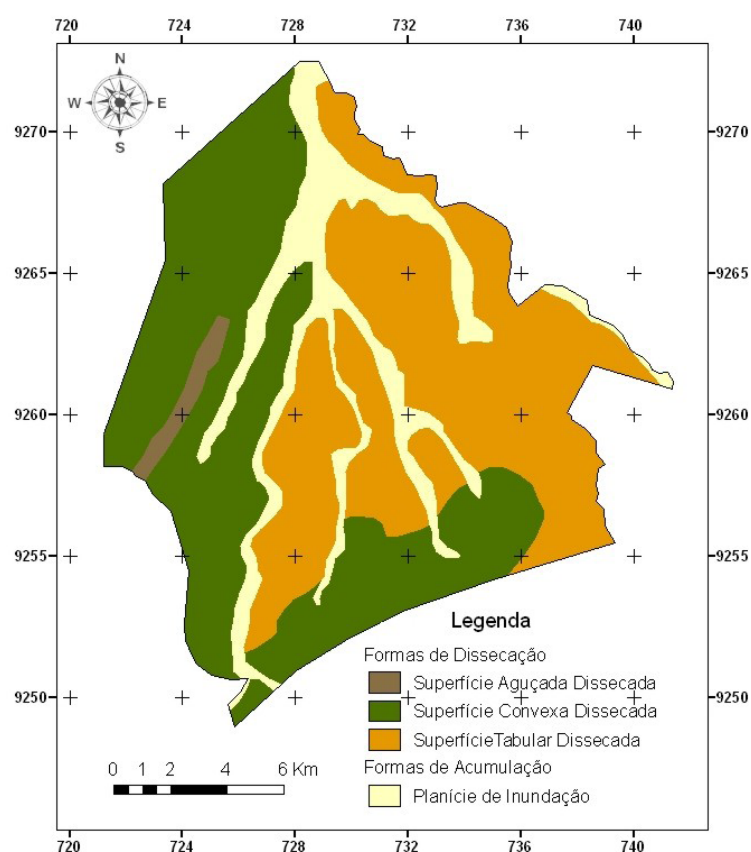


Figura 3. Mapa geomorfológico do município de Ouro Branco - RN.

O mapa pedológico (Figura 4) foi interpretado com auxílio da verdade terrestre formada pelo Mapa de Reconhecimento de Média e Alta Intensidade de Solos de uma Área Piloto do Núcleo de Desertificação do Seridó realizado pela EMBRAPA. Assim, bastou sobrepor este mapa com as imagens e por processo de interpretação por comparação (método da chave de fotointerpretação), assistido pelo mapa geomorfológico, gerou um mapa pedológico preliminar, o qual é notório a interrelação entre os mapas geomorfológico e pedológico. No entanto, somente com o trabalho de campo foi possível a finalização desses mapas.

As planícies de inundação estão relacionadas com os neossolos flúvicos em canais de rios intermitentes e suas margens são aproveitadas para agricultura de subsistência. Os neossolos litólicos são facilmente visíveis nas superfícies dissecadas aguçadas. As superfícies convexas e tabulares dissecadas se distribuem nos argissolos, principal tipo de solo da área de estudo.

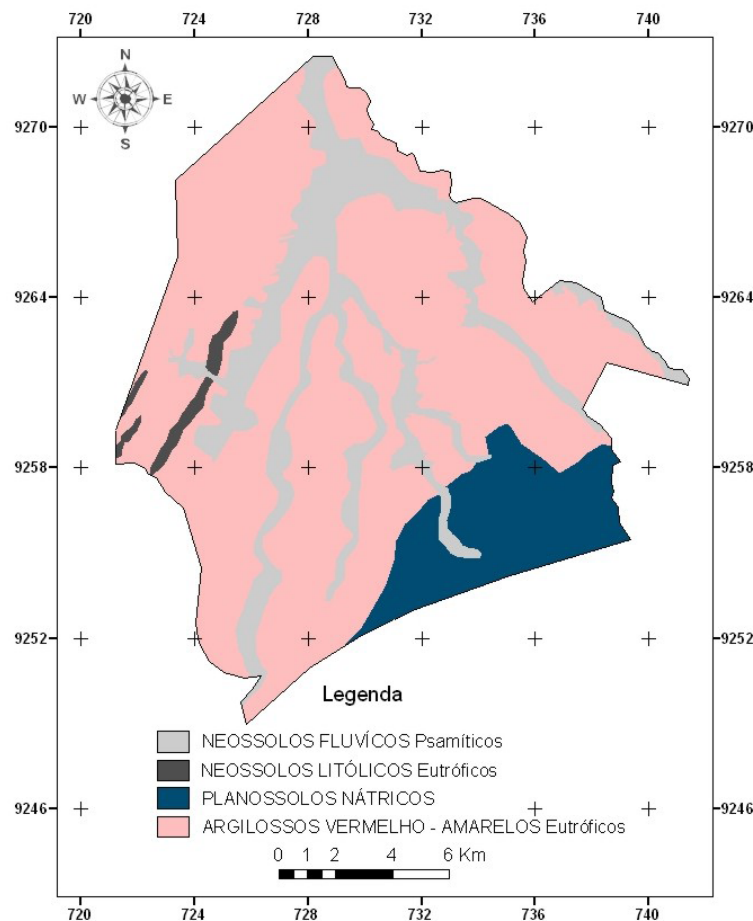


Figura 4. Mapa pedológico do município de Ouro Branco - RN.

As principais ocorrências de quartzito estão localizadas na Formação Seridó, com superfícies dissecadas com declividades menores que 2% e altitudes entre 200 e 300 metros. As pedreiras de quartzitos ocorrem em áreas restritas e não são cartografáveis na escala dessa pesquisa (1:50.000). Os quartzitos possuem várias tonalidades de cores e são lavradas a céu aberto, em placas, para posterior beneficiamento na cidade de Várzea na Paraíba. Apesar da importância marcante na economia interna e no desenvolvimento social da população, não aconteceram avanços tecnológicos significativos com respeito ao extrativismo mineral. Desde do início da extração, a partir da década de 1940, continua sendo executada de forma rústica e sem pesquisa geológica básica.

Os argissolos predominam e podem ser estocados para a recuperação da degradação ambiental, tanto para a reconstituição topográfica do terreno como para a recomposição da vegetação natural (savanas-estépicas). Algumas porções podem ser utilizadas para o desenvolvimento da agricultura familiar, com espécies adaptadas às

condições semiáridas da região. É importante ressaltar que os vários corpos quartzíticos estão próximos das Áreas de Proteção Ambiental, principalmente nas adjacências dos rios intermitentes. Esses corpos quartzíticos ocorrem em áreas com alta a média densidade de drenagem, denotando solos impermeáveis. Esses solos facilitam o carreamento dos rejeitos das minerações, os quais podem contaminar os corpos d'água superficiais. No entanto, também podem afetar os corpos d'água de subterrâneos, por infiltração. Entretanto, se os rejeitos fossem adequadamente estocados para posterior recuperação ambiental das minas exauridas, essa consequência deletéria poderia ser evitada. Outra sugestão para minimizar o impacto ambiental gerado e adicionar mais valor à atividade minerária é a utilização do rejeito na fabricação de massa cerâmica.

Com a criação do BDG, os mapas temáticos gerados ficaram disponíveis e organizados em uma plataforma robusta de trabalho capaz de: (i) armazenar, consultar, visualizar e atualizar as informações para subsidiar o processo de agregação de valor aos quartzitos do município de Ouro Branco; (ii) proporcionar o desenvolvimento socioeconômico dos mineradores e garimpeiros locais e (iii) minimizar os impactos ambientais.

Espera-se no futuro próximo o aumento da competitividade do setor produtivo em âmbito estadual e nacional, com maior rendimento econômico para o município. Para tal é necessário a geração de políticas públicas que visem investir nesse setor, para permitir o melhoramento de tecnologia mineral na extração, beneficiamento e comercialização, bem como a implementação de uma gestão empreendedora que possibilite agregar valor ao quartzito explorado no município de Ouro Branco/RN. Nesse sentido, o beneficiamento visa incorporar aspectos estéticos artificiais que lhe agreguem valorização monetária. Dessa forma, fortalecer a gestão operacional de todas as etapas da mineração e a realização de cursos de qualificação para os garimpeiros, formando trabalhadores especializados é uma sugestão para melhorar esse cenário.

5 | CONCLUSÕES

Com base no desenvolvimento dessa pesquisa, os resultados obtidos permitiram concluir que foram atingidos os objetivos desse trabalho: (i) compilar, gerar, organizar e armazenar em um BDG, ou seja, em uma plataforma unificada de dados geoespaciais, informações da superfície terrestre do município de Ouro Branco (RN); (ii) formar uma base cartográfica com vários tipos de mapas temáticos como a geologia, geomorfologia, pedologia entre outros (antes inexistentes), na escala de 1:50.000, a partir das imagens orbitais do sensor OLI do satélite Landsat 8. Mesmo numa escala regional, as geoinformações do BDG é um suporte técnico-gerencial de subsídio para o estabelecimento de formas adequadas das atividades mineiras na exploração e posterior beneficiamento dos quartzitos na área de estudo. É imperativo a realização de trabalhos voltados à educação cooperativista, preparando e conscientizando o

minerador/garimpero, envolvendo-o nas tomadas de decisões, desde a extração, o beneficiamento até a comercialização dos quartzitos.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia e Comissão de Cartografia. **Cartografia e aerolevanteamento** – legislação. Brasília, 1996. p. 26-27.

BRITO NEVES, B. B. de; SANTOS, E. J. dos; VAN SCHMUS, W. R. The tectonic history of the Borborema Province. In: CORDANI, U. G. (Ed.) et al. **Tectonic evolution of South America**. Rio de Janeiro: 31 International Geological Congress, 2000. 856p. p.151- 182.

CÂMARA, G.; CARVALHO, M. S. **Análise espacial de dados geográficos**. Brasília: EMBRAPA. 2004. 206p.

CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. C. P. SPRING: integrating remote sensing and GIS with object-oriented data modelling. **Computer and Graphics**. v.15, n.6, p.13-22,1996.

CAMPELO, R. C. **Análise de terrenos na porção setentrional da Província Borborema, NE do Brasil: Integração de dados geológicos e gravimétricos**. 1999. 130f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) – Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 1999.

CARVALHO, G. A.; LAENDER, B. T. **Vetorização no SPRING**. Belo Horizonte: UFMG, 2007. 10p.
COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Projeto CPRM - UFRN**. 2007. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?inoid=10-26>>. Acesso em: 15 ago. 2015.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Geologia e recursos minerais do Estado do Rio Grande do Norte. EOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE**. Texto explicativo dos mapas geológico e de recursos minerais do Estado do Rio Grande do Norte - Escala 1:500.000. Recife: CPRM, 2006. 233p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Caracterização dos recursos naturais de uma área piloto do núcleo de desertificação do Seridó, estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba**. Disponível em: <www.uep.cnps.embrapa.br/publicacoes/bpd_04_caract_serido_2002.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira** (Manuais Técnicos de Geociências nº01). Rio de Janeiro: IBGE. 1992. 92p.

MENESES P. R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: UnB, 2012. 276p.

NASCIMENTO, P. S. R.; GARCIA, G. J. Mapa generalizado semiautomático de declividade realizado pelo Sistema de Processamento de Imagens Georreferenciadas (SPRING). **Geoambiente**. Jataí, v.3, n.2. 2004. p.34-46.

NASCIMENTO, P. S. R., PETTA, R. A. Mapeamento temático por sensoriamento remoto no semiárido. **Ciência Sempre**, v.9, 2008. p.72 – 77.

NASCIMENTO, P. S. R., PETTA, R. A. Mapeamento da vegetação na Província Borborema através de imagens de satélite. **Geonordeste**, v.2 , 2010. p.173-192.

NASCIMENTO, P. S. R., PETTA, R. A., CAMPOS, T. F. Elaboration of thematic maps of geology,

geomorphology, pedology, vegetation and land use in the pegmatitic region of the municipality of Parelhas (N), Brazil. **Estudos Geológicos**, v.19, 2009. p.246-250.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgard Blücher, 2013. 308p.

SCHOWENGERDT, R. A. **Techniques for image processing and classification in remote sensing**. New York: Academic, 1997. 283p.

“SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling” CÂMARA, G., SOUZA, R. C. M., FREITAS, U. M., GARRIDO, J. **Computers & Graphics**, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

VENEZIANI, P.; ANJOS, C.E. **Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento e aplicações em geologia**. São José dos Campos: INPE, 1982. 61p.

UM ESTUDO SOBRE ANÉIS LOCAIS

Brendol Alves Oliveira Gomes

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Júnior” – UNESP Campus Rio Claro
Rio Claro - São Paulo

Eliris Cristina Rizzioli

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Júnior” – UNESP Campus Rio Claro
Rio Claro - São Paulo

RESUMO: O projeto consiste em abordar os elementos da Álgebra, em particular Anéis Locais, por meio de definições e resultados. Entre esses destacamos: Variedades, Ideais, Anéis de Coordenadas e Anéis Locais, com isso estamos interessados em demonstrar e explorar quando é um Domínio Local Noetheriano, em que é o conjunto das funções racionais definidas em . Para tanto, primeiramente faremos a definição do -espaço Afim, de Variedades e de Anel de Coordenadas, e tendo essa base podemos definir Anel Local e algumas de suas propriedades e resultados que facilitam a compreensão da demonstração do teorema.

PALAVRAS-CHAVE: Geometria Algébrica, Teorema Base de Hilbert, Anel Noetheriano.

A STUDY ON LOCAL RINGS

ABSTRACT: The project consisting of approach the Algebraic elements, in particular Local Rings, by means of definition and results. Among these we highlight: Varieties, Ideals, Coordinates Charges and Local Rings, with that we are interested in demonstrate and explorer when is a Noetherian Local Domain, in what is the set the Rational Function defined in . Therefore, first, we make the definition of the -space Affine, Varieties and Coordinates Charges; and having this basis we can define Local Ring and some of its properties and results that facilitate the understanding of the proof of the theorem.

KEYWORDS: Algebraic Geometry, Base Theorem of Hilbert, Noetherian Ring.

1 | INTRODUÇÃO

A seguir apresentamos algumas definições e resultados sobre o trabalho. No que se segue consideremos k um corpo e $k[X_1, \dots, X_n]$ o Anel de Polinômios nas variáveis com coeficientes no corpo.

Definição 1 O n -espaço A^n é o produto cartesiano “ n -vezes” de k .

Definição 2 Dizemos que $X \subset A^n$ é um

conjunto algébrico, se $X = V(S)$, sendo $S \subset k[X_1, \dots, X_n]$ um subconjunto qualquer. Ou seja,

$$V = \{P \in A^n; f(P) = 0, \forall f \in S\}.$$

Proposição 1: Se temos X um subconjunto algébrico de A^n , então o subconjunto de $k[X_1, \dots, X_n]$ definido por

$$I(X) = \{F \in k[X_1, \dots, X_n]; F(P) = 0, \forall P \in X\},$$

é um ideal do anel.

Demonstração: Basta observar que

- $I(X) \subset k[X_1, \dots, X_n]$.
- $0 \in I(X)$ já que $0(P) = 0, \forall P \in X$.
- $\forall F, G \in I(X), (F + G)(P) = F(P) + G(P) = 0 + 0 = 0, \forall P \in X$.
- $\forall F \in I(X)$ e $\forall \alpha \in k[X_1, \dots, X_n]$ $(\alpha F)(P) = \alpha(P)F(P) = 0, \forall P \in X$

Definição 3. Dizemos que $X \subset A^n$ é um conjunto algébrico **reduzível** se existem X_1 e X_2 conjuntos algébricos de A^n , tais que

$$X = X_1 \cup X_2.$$

Caso contrário temos que X é **irreduzível**. Além disso, chamamos de *Variedade Afim* um conjunto algébrico irreduzível.

Proposição 2. Um conjunto algébrico V é irreduzível se, e somente se, $I(V)$ é um ideal primo.

Demonstração: Suponha que $I(V)$ não seja um ideal primo e mostremos que V é reduzível.

Se $I(V)$ não é um ideal primo, então o produto $F_1 \cdot F_2 \in I(V)$, com $F_i \notin I(V)$ Veja que podemos fazer a separação de V do seguinte modo:

$$V = (V \cap V(F_1)) \cup (V \cap V(F_2))$$

com

$$V \cap V(F_1) \subsetneq V.$$

Pela construção, podemos ver que

$$(V \cap V(F_1) \cup (V \cap V(F_2))) \subset V.$$

Observe que temos a outra inclusão pois $\forall P \in V$, então $F_i(P) = 0, \forall i \neq \{1, 2\}$, já para

$i = \{1, 2\}$ sabemos que $F_1 F_2 = 0$ por hipótese. E ainda cada $V \cap V(F_i)$ é um conjunto algébrico para $i = \{1, 2\}$. Portanto V é um conjunto algébrico redutível.

Reciprocamente, supondo que V seja redutível mostremos que $I(V)$ não é primo.

Para isto, veja que $V = V_1 \cup V_2$, $V_i \subsetneq V$, então por um resultado fácil de verificar, temos que quaisquer $I \in J$ ideais no qual $I \subset J$, então $V(I) \supset V(J)$, fazendo a substituição temos $(V_i)I(V_i) \supsetneq I(V)$, tomando $F_1 \in V_1$ e $F_2 \in V_2$ segue que tanto F_1 e F_2 não pertencem à $I(V)$ porém o produto $F_1 F_2 \in I(V)$ portanto $I(V)$ não é primo.

Tomemos agora V uma variedade de \mathbb{A}^n e $\Gamma(V)$ seu anel de coordenadas. Pelo fato de $\Gamma(V)$ ser um domínio, isto é, não possui divisores de zero, podemos construir seu corpo de frações. Esse corpo será chamado de **Corpo de Frações Racionais de V** e será denotado por $K(V)$, um elemento de $K(V)$ é uma função racional de V .

Se f é uma função racional de V e P pertence a V diremos que f está definida em P . Se para $a, b \in \Gamma(V)$, temos

$$f = \frac{a}{b}; b(P) \neq 0$$

Observe que há diversas formas de escrever f como quociente de funções polinomiais, (caso a e b tenha um múltiplo comum). Diremos que f está definida em P se é possível encontrar um denominador b não anule em P .

Se Γ é um domínio de fatoração única (DFU), então existe uma única representação de $f = a/b$, em que a e b não possuem divisores em comum e assim f estará definida em P se, e somente se, $b(P) \neq 0$.

Exemplo: Determinemos as funções racionais definidas na variedade $V = V(XW - YZ) \subset \mathbb{A}^4$.

O anel coordenadas é do tipo

$$\Gamma(V) = \frac{K[X, Y, Z, W]}{\langle XW - YZ \rangle}$$

Sendo $\bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z}$ e \bar{W} as classes residuais de X, Y, Z e W , respectivamente, em $\Gamma(V)$, então

$$f = \frac{\bar{X}}{\bar{Y}} = \frac{\bar{Z}}{\bar{W}} \in K(V).$$

Temos que $\frac{\bar{X}}{\bar{Y}} = \frac{\bar{Z}}{\bar{W}} \in K(V)$, pois

$$XW - ZY \in \langle XW - ZY \rangle.$$

Então,

$$XW + \langle XW - ZY \rangle = YZ + \langle XW - ZY \rangle$$

$$\overline{XW} = \overline{YZ}$$

ou seja,

$$\frac{\bar{X}}{\bar{Y}} = \frac{\bar{Z}}{\bar{W}}.$$

Dizemos ainda que, f está definida em $P = (x, y, z, w)$, se os denominadores \bar{Y} ou \bar{W} forem não nulos em P , isto é, $y \neq 0$ ou $w \neq 0$.

Definição 4 Dado $P \in V$, dizemos que $\mathcal{O}_P(V)$ será o conjunto de todas as funções racionais que estão definidas em P . Veja que $\mathcal{O}_P(V)$, constitui um subanel de $K(V)$ contendo $\Gamma(V)$ e satisfaz

$$K \subset \Gamma(V) \subset \mathcal{O}_P(V) \subset K(V).$$

Dizemos que $\mathcal{O}_P(V)$ é o **Anel Local de V em P** . E o conjunto dos pontos Q em V na qual f não está definida, chama-se **Conjunto de Polos de f** denotado por \mathcal{P}_f .

Proposição 3 O conjunto de polos de uma função racional sobre V é um subconjunto algébrico de V .

Demonstração: Suponha que $V \subset \mathbb{A}^n$. Para cada $G \in K[X_1, \dots, X_n]$, temos \bar{G} como a classe residual de G em $\Gamma(V)$. Seja agora $f \in K(V)$ e o conjunto

$$J_f = \{G \in K[X_1, \dots, X_n], \bar{G}f \in \Gamma(V)\}.$$

Veja que J_f é um ideal de $K[X_1, \dots, X_n]$.

De fato,

- $J_f \subset K[X_1, \dots, X_n]$.
- Para quaisquer $G, H \in J_f$ temos que $\overline{G}f$ e $\overline{H}f$ pertencem à $\Gamma(V)$ e como esse é um anel, temos que a soma $\overline{G}f + \overline{H}f$ também pertence à $\Gamma(V)$ e é associativo, $(\overline{G} + \overline{H})f$ e veja que

$$\overline{G} + \overline{H} = (G + I(V)) + (H + I(V)) = (G + H) + I(V) = \overline{G + H}.$$

Portanto,

$$(\overline{G}f + \overline{H}f) = \overline{G + H}f$$

então $G + H \in J_f$.

- Para quaisquer $\alpha \in K[X_1, \dots, X_n]$ e $G \in J_f$, temos que, considerando $\overline{\alpha}$ como a classe residual de α em $\Gamma(V)$,

$$\overline{\alpha}Gf = \overline{\alpha}\overline{G}f \in \Gamma(V).$$

Veja agora que $I(V) \subset J_f$, pois para qualquer $h \in I(V)$, temos

$$h \in K[X_1, \dots, X_n], h(P) = 0, \forall P \in V.$$

Isto significa que $\overline{h}f \in \Gamma(V)$, já que $(\overline{h}f)(P) = \overline{0}$, para todo $P \in V$.

Mostremos que o conjunto dos polos de f , \mathcal{P}_f , é o conjunto $V(J_f)$.

- $\mathcal{P}_f \subset V(J_f)$.

De fato, seja $P_0 \in \mathcal{P}_f$ qualquer, com $b(P_0) = 0$, para \overline{b} , tal que $f = a/b$, ($a \neq 0$).

Seja algum $G \in J_f$, (com $G \neq 0$). Logo $\overline{G}f \in J_f$, ou seja, $\overline{G}f = c$, para algum $c \in \Gamma(V)$. Como sabemos:

$$\overline{G} = \frac{G + I(V)}{1 + I(V)} \quad e \quad f = \frac{a + I(V)}{b + I(V)}.$$

Assim temos:

$$\overline{G} = \frac{G + I(V)}{1 + I(V)} \cdot f = \frac{a + I(V)}{b + I(V)} = c + I(V)$$

então,

$$Ga + I(V) = bc + I(V). \quad (1)$$

Como temos $b(P_0) = 0$, assim $b \in I(V)$, conseqüentemente $bc \in I(V)$, isto é, $bc + I(V) = I(V)$. E portanto, pela Equação (1), temos

$$Ga + I(V) = I(V) \rightarrow Ga \in I(V)$$

ou seja, $a(P) = 0$ ou $G(P) = 0$, para todo $P \in V$, como a é não nulo, então $G(P) = 0, \forall P \in V$ e tomando $P_0 \in \mathcal{P}_f \subset V$, segue que

$$G(P_0) = 0$$

Portanto, $P_0 \in V(J_f)$.

$$\bullet \quad V(J_f) \subset \mathcal{P}_f$$

Seja $P \in V(J_f)$ qualquer, então $G(P) = 0$, para todo $G \in J_f$, observe que $b \in J_f$, já que

$$\bar{b}f = b \cdot \frac{a}{b} = a \in \Gamma(V)$$

Logo $b(P) = 0$.

Proposição 4 Para qualquer anel de coordenadas de V e conjunto de funções racionais sobre V temos a relação

$$\Gamma(V) = \bigcap_{P \in V} \mathcal{O}_P(V).$$

Demonstração: Seja $f \in \bigcap_{P \in V} \mathcal{O}_P(V)$, então a função racional f está bem definida em todo $P \in V$. Observe que $V(J_f) \neq \emptyset$, já que na Proposição 4.1 temos que este é conjunto de todos os pontos em que f não está definida e assim pelo *Teorema Fraco de Hilbert* temos que J_f não é um ideal próprio, ou seja $1 \in J_f$ então podemos escrever

$$\bar{1}f = f \in \Gamma(V).$$

Para a outra inclusão temos um resultado fácil de mostrar Sendo S um conjunto de polinômios de $k[X_1, \dots, X_n]$ e X um conjunto algébrico de A^n , temos:

$$S \subset I(V(S)) \text{ e } X \subset V(I(X)).$$

Segue que $\Gamma(V) \subset \mathcal{O}_P(V)$

Definição 5 Dado $f = a/b \in \mathcal{O}_P(V)$, com a e $b \in \Gamma(V)$, definimos o **Valor de f em P** denotado por $f(P) = a(P)/b(P)$, independente da escolha de a e b .

Lema 1 O subconjunto $M_P(V) = \{f \in \mathcal{O}_P(V), f(P) = 0\}$ de $\mathcal{O}_P(V)$ é um ideal maximal de V em P .

Demonstração: Mostremos que $\mathcal{O}_P(V)/M_P(V)$ é um corpo, para isto considere a seguinte aplicação

$$\begin{aligned} \varphi: \mathcal{O}_P(V) &\rightarrow k \\ f &\mapsto \varphi(f) := f(P) \end{aligned}$$

A aplicação φ é um homomorfismo de anéis.

Para isto, sejam f, g e h quaisquer em $\mathcal{O}_P(V)$.

$$\varphi(hf + g)(P) = (hf + g)(P) = h(P)f(P) + g(P) = \varphi(h) \cdot \varphi(f) + \varphi(g)$$

Observe agora o núcleo de φ ,

$$\text{Ker}(\varphi) = \{f \in \mathcal{O}_P(V), \varphi(f) = 0\} = \{f \in \mathcal{O}_P(V), f(P) = 0\} = M_P(V).$$

Assim pelo Primeiro Teorema do Isomorfismo

$$\frac{\mathcal{O}_P(V)}{M_P(V)} \simeq \text{Im}(\varphi).$$

Além disso, $\text{Im}(\varphi) = k$, já que φ é sobrejetiva, pois para todo a temos uma função racional constante, a saber, tal que $a(P) = a$.

Portanto

$$\frac{\mathcal{O}_P(V)}{M_P(V)} \simeq k.$$

Lema 2 Um elemento de $\mathcal{O}_P(V)$ é invertível se, e somente se, seu valor é não nulo.

Demonstração: Suponha que $f(P) \neq 0$, ou seja, $\frac{a(P)}{b(P)} \neq 0$, como $\frac{a(P)}{b(P)} \in k$, então temos o seu inverso, isto é, $a(P)/b(P) \in k$.

$$\frac{a(P)b(P)}{b(P)a(P)} = 1$$

Assim tomando, $g = b/a$ a qual será o inverso de f , portanto f é unitário.

Reciprocamente, suponha que $f = a/b$ é unitário, isto é, existe $g = c/d$, tal que

$$fg = \frac{ac}{bd} = 1$$

Assim, valorando fg em P , temos

$$(fg)(P) = \frac{ac(P)}{bd(P)} = \frac{a(P)c(P)}{b(P)d(P)} = 1(P) = 1$$

e do fato de K se um corpo,

$$\frac{a(P)}{b(P)} \neq 0 \neq \frac{c(P)}{d(P)}.$$

Lema 3 Em um anel as seguintes condições são equivalentes:

- O conjunto dos elementos de que não são unitários constituem um ideal.
- R possui um único ideal maximal que contém todo ideal próprio de R .

Demonstração: (1. \Rightarrow 2.) Suponha que o conjunto dos elementos de R que não são invertíveis um ideal.

Afirmção: I é o único ideal maximal que contém todo ideal próprio de R .

Seja $J \subset R$ ideal, com $J \neq R$. Veja que, se $a \in J$ é qualquer, caso a é invertível temos assim $J = R$, o que contradiz a hipótese, logo a não pode ser invertível, isto é, $a \in I$, o que concluímos $J \subset I$.

(2. \Rightarrow 1.) Sendo $a \in J$ é invertível em R , então existe $a^{-1} \in R$ tal que $aa^{-1} = 1_R$, isto é, $1_R \in J$.

$$J = R = \langle 1_R \rangle.$$

Definição 6 Dizemos que um anel é um **Anel Local** se possuir um único ideal maximal. No caso de um Domínio de Integridade, chamaremos de Domínio Local.

Todas as propriedades de V que depende apenas do “ambiente” de P , (propriedades locais de P) se refletem no anel $\mathcal{O}_P(V)$.

Corolário 1 Se $\mathcal{O}_P(V)$ é um domínio local em que $M_P(V)$ é seu único ideal maximal.

Definição 7 Dizemos que um anel é **Noetheriano** se todo ideal deste anel é finitamente gerado.

Teorema 1 [Fundamental de Hilbert] Se R é um anel noetheriano então $R[X_1, \dots, X_n]$ é um anel noetheriano.

Demonstração: Sabemos que $R[X_1, \dots, X_n] \simeq R[X_1, \dots, X_{n-1}][X_n]$, então a demonstração deste teorema será construída sobre indução em X_n , isto é, mostremos que $R[X_1]$ é noetheriano se R o é.

Então inicialmente vamos buscar um conjunto finito de geradores de I .

Se $F = a_0 + a_1X + \dots + a_dX^d \in R[X]$, $a_d \neq 0$, chamaremos a_d de coeficiente líder (ou principal) de F . Seja J um conjunto de coeficientes líderes de todos os polinômios de I . O subconjunto é um ideal de R .

De fato,

- $J \subset R$.
- $\forall a, b \in J$ temos que $a \cdot b \in J$, já que $a \neq 0$ e $b \neq 0$, pertencem ao J , logo existem $f = a_0 + a_1X + \dots + a_dX^d$ e $g = b_0 + b_1X + \dots + b_eX^e$, quando fazemos a operação produto entre esses polinômios, temos

$$f \cdot g = c_0 + c_1X + \dots + c_{d+e}X^{d+e}$$

em que

$$\sum_{i+j=k} a_i b_j = c_k$$

observe que $c_{d+e} \neq 0$ pois

$$c_{d+e} = \sum_{i+j=d+e} a_i b_j = a_d b_e + a_{d-1} \underbrace{b_{e+1}}_0 + \underbrace{a_{d+1}}_0 b_{e-1} + \dots$$

ou seja, $a_d b_e = c_{d+e}$ é um coeficiente principal.

- $\forall \alpha \in R$ e $\forall a_d \in J$, temos que $\alpha \cdot a_d \in J$. Como $a_d \in J$ temos que existe

$$F = a_0 + a_1X + \dots + a_dX^d,$$

em que

$$\alpha F = \alpha(a_0 + a_1X + \dots + a_dX^d) = \alpha a_0 + \alpha a_1X + \dots + \alpha a_dX^d$$

no qual αa_d é o coeficiente líder de αF .

Afirmção: Existem $F_1, F_2, \dots, F_m \in I$, cujo os coeficientes líderes geram o ideal J .

Com efeito, seja N um inteiro maior que o grau de cada F_j

Para cada $l \leq N$, construímos o ideal J_l de R , tal que é constituído por todos os coeficientes líderes de $F \in I$, que possuem grau menor ou igual a l .

$$gr(F) \leq l.$$

Considere $\{F_{lj}\}$ um conjunto finito de polinômios de I , que possuem grau menor que l , que geram J_l . Agora tomando o ideal I' que é gerado tanto pelos F_j como pelos F_{lj} . Mostremos que $I = I'$.

Vamos supor por absurdo que, $I' \subsetneq I$. Tomemos $G \in I$ que é o polinômio de menor grau que não está em I' .

- Se $gr(G) > N$, então podemos encontrar Q_i polinômios em $R[X]$, tais que $\sum Q_i F_i$ e G tem o mesmo coeficiente líder. Mas $gr(G = \sum Q_i F_i) < gr(G)$, e pelo fato de G ser o menor grau que não está em I' temos

$$G = \sum Q_i F_i \in I'$$

e como I' é ideal, temos $G \in I'$.

- Suponha que $gr(G) = l < N$, podemos diminuir o seu grau subtraindo $\sum Q_i F_{ij}$ para Q_i , convenientes. Isto é, sejam $Q_i \in R[X]$, tais que:

$$\sum Q_j F_{lj} = G$$

possuem o mesmo coeficiente líder.

Logo $gr(\sum Q_i F_i = G) < gr(G)$ e pelo mesmo argumento anterior, temos $\sum Q_i F_i - G \in I'$ e isso significa que $G \in I'$. Absurdo.

Portanto, $I = I'$.

Proposição 5 *Seja I um ideal de um anel R e $\pi: R \rightarrow R/I$ o homomorfismo natural. Se J' é finitamente gerado se J é. Conclua que R/I é noetheriano se R .*

Demonstração: Seja J' um ideal qualquer em R/I , como $J = \pi^{-1}(J')$ é finitamente gerado, segue que existem $\alpha_1, \dots, \alpha_n \in R$ tal que $J = \langle \alpha_1, \dots, \alpha_n \rangle$.

Afirmção: $J' = \langle \pi(\alpha_1), \dots, \pi(\alpha_n) \rangle$

De fato,

$$\bullet \langle \pi(\alpha_1), \dots, \pi(\alpha_n) \rangle \subset J'$$

Pois para cada α_i , ($i \in \{1, \dots, n\}$) em J , temos que $\alpha \in \pi^{-1}(J')$, isto significa que $\pi(\alpha_i) \in J'$, para todo i . Como J' é ideal, temos que $\langle \alpha_1, \dots, \alpha_n \rangle \subset J$.

$$\bullet J' \subset \langle \alpha_1, \dots, \alpha_n \rangle.$$

Seja $\bar{b} \in J'$ qualquer, como π é sobrejetiva, então existe $b \in R$, tal que, $\pi(b) = \bar{b} \in J'$, ou seja, $b \in \pi^{-1}(J') = J$, assim temos que b é uma combinação dos $\alpha_1, \dots, \alpha_n$, podemos escrever, sendo $s_i \in R$.

$$b = \sum_{i=1}^n \alpha_i s_i \in \pi^{-1}(J').$$

Então

$$\bar{b} = \pi \left(\sum_{i=1}^n \alpha_i s_i \right) \in J'.$$

Como π é um homomorfismo,

$$\bar{b} = \sum_{i=1}^n \pi(\alpha_i) \pi(s_i) \in J' \Rightarrow \bar{b} \in \langle \pi(\alpha_1), \dots, \pi(\alpha_n) \rangle.$$

Portanto, J' é finitamente gerado.

Caso R é um anel noetheriano, pela correspondência biunívoca, temos que também noetheriano.

Teorema 2 $\mathcal{O}_p(V)$ é um domínio local noetheriano.

Demonstração: Mostremos que todo ideal de $\mathcal{O}_p(V)$ é finitamente gerado.

Primeiramente, observe que

$$\Gamma(V) = \frac{K[X_1, \dots, X_n]}{I(V)}$$

é um anel noetheriano.

Sejam os geradores f_1, \dots, f_r do ideal $I \cap \Gamma(V)$ de $\Gamma(V)$ (estes existem, pois $\Gamma(V)$ é noetheriano).

Afirmção: f_1, \dots, f_r gera o ideal I , como ideal de $\mathcal{O}_P(V)$.

Com efeito,

$$\bullet \quad I \subset \langle f_1, \dots, f_r \rangle_{\mathcal{O}_P(V)}.$$

Seja $f \in I \subset \mathcal{O}_P(V)$, assim existe $b \in \Gamma(V)$, com $b(P) \neq 0$, tal que $bf \in \Gamma(V)$ e veja também que $bf \in I$, já que I é ideal e $f \in I$.

Então, $bf \in I \cap \Gamma(V) = \langle f_1, \dots, f_r \rangle_{\Gamma(V)}$.

Assim temos,

$$bf = \sum_{i=1}^r f_i s_i \quad \text{com } s_i \in \Gamma(V)$$

e obtemos,

$$f = \sum_{i=1}^r \frac{s_i}{b} f_i$$

com $s_i/b \in \mathcal{O}_P(V)$, já que $b(P) \neq 0$, portanto, $f \in \langle f_1, \dots, f_r \rangle_{\mathcal{O}_P(V)}$.

$$\bullet \quad \langle f_1, \dots, f_r \rangle_{\mathcal{O}_P(V)} \subset I.$$

Seja $a \in \langle f_1, \dots, f_r \rangle_{\mathcal{O}_P(V)}$ qualquer, isto é

$$a = \sum_{i=1}^r p_i f_i \quad \text{com } p_i \in \mathcal{O}_P(V)$$

como $f \in I \cap \Gamma(V) \subset I$, assim temos, $f_i \in I$ e como I é ideal de $\mathcal{O}_P(V)$, $a \in I$

REFERÊNCIAS

FULTON, W. **Algebraic curves: an Introduction to Algebraic Geometry**. 1ª. ed. [S.l.]: W. A. Benjamin, 1969.

UMA VISÃO GERAL DE FRAMEWORKS PHP POPULARES PARA PROGRAMAÇÃO WEB

Lilian N A Lazzarin

Instituto Federal do Paraná – IFPR - Palmas – PR

Leandro do Nascimento dos Anjos

Instituto Federal do Paraná – IFPR - Palmas – PR

João Florentino da Silva Junior

Instituto Federal do Paraná – IFPR - Palmas – PR

RESUMO: Com evolução da Internet nas últimas décadas a imprescindibilidade de fornecer serviços e informação de maneira rápida e clara acarretou o desenvolvimento de novas técnicas de desenvolvimento de aplicações, entre essas os frameworks, ferramentas que simplificam e agilizam o trabalho dos desenvolvedores ao trazer funcionalidades prontas a serem implementadas. Este artigo discorre sobre três frameworks muito utilizados para desenvolvimento web na linguagem de programação PHP, realizando uma análise comparativa através de uma pesquisa bibliográfica e documental com abordagem qualitativa entre o Yii, Laravel e o CodeIgniter. O Yii destaca-se sendo extremamente otimizado para desempenho em projetos de qualquer tamanho, o Laravel valoriza a elegância, a simplicidade e a legibilidade do código, tendo sua ascendência nos últimos anos levado a colocação framework mais popular de PHP, e o CodeIgniter que fornece um rico conjunto de bibliotecas comumente necessárias, com

interface simples e estrutura lógica para permitir ao desenvolvedor que concentre-se ao máximo nas suas tarefas. Assim para escolher com qual trabalhar é necessário analisar questões como tempo da curva de aprendizagem, e recursos essenciais ao projeto, e para aplicar em equipes de desenvolvimento afim de usar a longo prazo é importante considerar a comunidade de desenvolvimento pois é o que determina a longevidade dos frameworks.

PALAVRA-CHAVE: Framework PHP, Yii, Laravel, Codeigniter.

ABSTRACT: Due to the evolution of the Internet in recent decades, the need to provide services and information quickly and clearly has led to the development of new application development techniques, among which are the frameworks, tools that simplify and streamline the work of developers by bringing ready-made functionalities Implemented. This article discusses three widely used frameworks for web development in the PHP programming language, performing a comparative analysis through a bibliographical and documentary research with a qualitative approach between Yii, Laravel and CodeIgniter. The Yii stands out being extremely optimized for performance in projects of any size, Laravel values the elegance, simplicity and readability of the code, having its ascendancy in recent years led to the

most popular PHP framework placement, and the Codeigniter it provides A rich set of commonly needed libraries, with simple interface and logical structure to allow the developer to focus on his or her tasks. So to choose which work to study questions such as learning curve time, and resources essential to the project, and to apply to development teams in order to be used in the long term, it is important to consider the development community because it is what determines the Longevity of frameworks.

KEYWORDS: Framework PHP, Yii, Laravel, Codeigniter.

1 | INTRODUÇÃO

Nos primórdios da Internet, os sites eram formados por conjunto de hipertextos (documento eletrônico composto por páginas e ligações entre elas (NCE – UFRJ)) que apresentavam informações usando textos e gráficos limitados. Com o tempo a evolução da linguagem de marcação/estruturação HTML (*HyperText Markup Language*, que significa Linguagem de Marcação de Hipertexto é uma linguagem para escrever documentos de hipertexto. (NCE – UFRJ).), e das ferramentas de desenvolvimento como por exemplo XML, Java, que possibilitou aos engenheiros da internet oferecerem capacidade computacional juntamente com as informações, e assim nasciam então os sistemas e aplicações baseadas na *Web*. (PRESSMAN; MAXIM, 2016).

Ainda de acordo com Pressman e Maxim (2016), atualmente as aplicações *Web*, evoluíram para sofisticadas ferramentas computacionais que não apenas oferecem funções especializadas ao usuário, como também foram integradas aos bancos de dados corporativos e às aplicações de negócio.

Entre as opções para desenvolvimento *Web* está o PHP (um acrônimo recursivo para *PHP: Hypertext Preprocessor*), é uma linguagem de *script open source* que pode ser inserida junto ao HTML. (THE PHP GROUP).

O que diferencia a linguagem PHP de scripts escritos apenas com tags HTML ou arquivos de estilização como o CSS é o fato do código ser executado no servidor, considerando o PHP uma linguagem *server-side*. Esse servidor ao receber uma requisição de uma URL *Uniform Resource Locator* (em português Localizador Padrão de Recursos), é uma sequência de texto que especifica onde um recurso pode ser encontrado na Internet. (MOZILLA DEVELOPER NETWORK, 2017) retorna o recurso solicitado para o navegador, e apenas os resultados referentes a estruturação e estilização da página são possíveis de serem visualizados, com isso o cliente não tem conhecimento do código fonte. (THE PHP GROUP).

1.1 Frameworks

Existem ferramentas que facilitam e uniformizam o trabalho dos desenvolvedores, os *frameworks*, em geral possuem diversas diretrizes para a organização dos projetos, e métodos prontos para auxiliar envio de e-mails, validação de formulários, camadas de segurança e etc. (BENTO, 2014). Segundo Minetto (2007,

p. 17), framework é, em linhas gerais um arcabouço de software, ou seja, uma estrutura de trabalho de onde se pode desenvolver algo maior ou mais específico a partir de uma coleção de elementos pré-definidos.

A ideia básica que permeia os frameworks é a reutilização de código, ou seja, a resolução de problemas comuns por meio de soluções comuns. Em outras palavras, a reutilização de código consiste em utilizar um trecho de código ou parte de um software previamente construído para solucionar um conjunto de problemas de domínio comum ou semelhantes.

A reutilização de código é possível quando a codificação de software é feita observando-se os princípios SOLID, especialmente o princípio da responsabilidade única (SRP - *Single Responsibility Principle*) que determina que as classes ou funções devem resolver um único problema, isto é, devem ser especializadas.

Em resumo, é uma coleção de códigos-fonte, classes, funções, técnicas e metodologias que facilitam o desenvolvimento de novos softwares (MINETTO, 2007, p. 17). De acordo como Minetto (2007, p. 18), o uso de frameworks traz como benefícios a padronização da codificação e a automatização de tarefas repetitivas. A padronização acontece porque os frameworks trabalham assentes sobre determinadas convenções que o programador invariavelmente tem que respeitar. Já a automatização de tarefas baseia-se no conceito DRY (*Don't Repeat Yourself* - Não repita a si mesmo). Ele identifica que se algumas tarefas são repetitivas, ou seja, acontecem sempre da mesma forma, elas deveriam ser feitas uma única vez e chamadas nas ocorrências. A maioria dos frameworks têm meios de utilizar esse conceito.

1.2 PHP Standards Recommendations (PSR's)

O PHP *Framework Interoperability Group* (em português, Grupo de Interoperabilidade de *Frameworks* PHP, ou também PHP FIG) é um grupo destinado a refinar o ecossistema PHP e incentivar padrões adequados, através de pesquisas e experimentação para elaborar as Recomendações de Padronização PHP (*PHP Standard Recommendations*, ou PSR'S). (THE PHP FIG, 2017a).

O PHP FIG é composto por pessoas que representam grandes projetos da comunidade, formado por um comitê que estuda, revisa e discute as propostas de padrões e mantém essas propostas atualizadas conforme o PHP evolui. (THE PHP FIG, 2017a).

Uma PSR, é uma recomendação de como deve ser elaborado e especificados componentes e bibliotecas para possuírem uma interoperabilidade com outros projetos PHP. O processo de desenvolvimento de uma PSR, passa pelo Pré-Rascunho, Projeto, pela Revisão e caso aceita torna se uma recomendação, mas pode ser também recusada ou descontinuada quando deixa de ser considerada relevante, normalmente sendo substituída por uma nova PSR. (THE PHP FIG, 2017b)

A Tabela 1 demonstra as PSR's aceitas, seu número e título.

| STATUS | NÚMERO | TÍTULO |
|--------|--------|------------------------|
| A | 1 | Basic Coding Standard |
| A | 2 | Coding Style Guide |
| A | 3 | Logger Interface |
| A | 4 | Autoloading Standard |
| A | 6 | Caching Interface |
| A | 7 | HTTP Message Interface |
| A | 11 | Container Interface |
| A | 13 | Hypermedia Links |
| A | 16 | Simple Cache |

Tabela 1: PSR's aceitas (THE PHP FIG, 2017c).

A implementação das PSR's é importante para aos frameworks pois atribuem mais qualidade ao projeto e permite mais flexibilidade pela comunidade para desenvolver o que é vital para a manutenção de projetos PHP.

Entre os diversos frameworks PHP, este artigo realiza um comparativo entre o *Yii*, que possui uma estrutura de desenvolvimento leve com armazenamento em cache poderoso, o *Laravel*, usado na produção de projetos grandes e pequenos, possui uma biblioteca de banco de dados bastante elogiada e o *CodeIgniter* que possui estruturação e configurações simples. São *frameworks* muito utilizados pela comunidade de desenvolvedores.

2 | COMPARATIVO

Para Gil (2002) a pesquisa exploratória pode proporcionar maior familiaridade com o problema, visando torna-lo mais claro ou constituir hipóteses, explorando problemas pouco conhecidos. Portanto, tem como característica marcante à flexibilidade no seu planejamento, de modo a possibilitar a consideração dos mais variados aspectos relativos ao objeto de estudo. Na maioria dos casos, esse tipo de pesquisa assume a forma de estudo de caso ou pesquisa bibliográfica, como no presente trabalho.

Assim a pesquisa realizou-se através de revisão bibliográfica, e documental referente aos frameworks, explanando-os e realizando um comparativo entre as suas características.

2.1 Yii

Sendo a ideia original de seu criador Qiang Xue, que anteriormente havia desenvolvido e mantinha o framework Prado, com a experiência adquirida, começou com o projeto do Yii framework em 1 de janeiro de 2008, sendo lançado oficialmente em 3 de dezembro de 2008. (YII FRAMEWORK, 2017).



Figura 1: Logo do Yii.

Yii é um acrônimo para a expressão “*Yes it is!*” (Em português, “Sim ele é”), essa é a mais precisa e concisa resposta para aqueles que são novos com o Yii, quando perguntam é seguro? É rápido? É profissional? “*Yes it is!*”. (YII FRAMEWORK, 2017).

Yii é um framework open-source para desenvolvimento, escrito em PHP 5 que incentiva o uso do design limpo e estimula o desenvolvimento ágil, ajuda a assegurar uma extrema eficiência, escalabilidade e manutenibilidade no produto. Tendo o desempenho otimizado, pode ser utilizado para projetos de qualquer escopo, entretanto, foi construído com soluções sofisticadas, e empresariais em mente. (YII FRAMEWORK, 2017).

Atualmente na versão 2.0, tem como principais recursos, criação de Objetos de Acesso ao Banco de Dados (DAO, do inglês *Data Access Object*), construtor de consultas, validação de formulários, widgets compatíveis com AJAX (*Asynchronous Javascript and XML*), suporte a autenticação e autorização, a temas visuais, a geração de Web Services. (YII FRAMEWORK, 2017).

Suporta também outras linguagens, possui um sistema de Cache multicamadas, tratamento de erros e geração de logs, recursos de segurança como prevenir *SQL Injection*, e ainda contém uma ferramenta chamada Gii, para geração automática e intuitiva de código. (YII FRAMEWORK, 2017).

2.2 Laravel

Laravel é um *framework* para aplicações web com sintaxe expressiva e elegante, visa facilitar o desenvolvimento das funcionalidades mais comuns na maioria dos projetos para Web, como autenticação, roteamento, sessão e cache. (LARAVEL, 2017).



Figura 2: Logo do Laravel.

Foca em tornar o processo de desenvolvimento mais agradável ao desenvolvedor, sem sacrificar a utilidade da aplicação, acreditando que desenvolvedores felizes programam melhor, assim combinou o melhor visto em outros frameworks para web.

É acessível, porém poderoso, provendo as ferramentas necessárias para aplicações grandes e robustas, uma excelente inversão da camada *Control*, sistema de migração expressiva, e unidade de testes fortemente integrada. (LARAVEL, 2017).

Na atualização para a versão 5.4 os principais recursos adicionados foram, *Markdown Mail & Notifications*, o Laravel é capaz de renderizar modelos HTML bonitos e responsivos para as mensagens ao mesmo tempo que geram automaticamente uma contrapartida de texto simples, *Laravel Dusk* que fornece uma API de teste e automação de navegador expressiva e fácil de usar, a *Laravel Mix* fornece uma API fluente para definir as etapas de compilação do *Webpack* para o seu aplicativo Laravel usando vários pré-processadores comuns CSS e *JavaScript*. (LARAVEL, 2017).

O framework ainda possui alguns pacotes oficiais de recursos;

- *Cashier*: fornece uma interface expressiva e fluente para os serviços de cobrança de assinatura. Além do gerenciamento básico de assinatura, ele pode lidar com cupons, troca de assinatura, “quantidades” de assinatura, períodos de carência de cancelamento e até mesmo gerar PDF de fatura. (LARAVEL, 2017).
- *Envoy*: fornece uma sintaxe limpa e mínima para definir tarefas comuns que você executa em seus servidores remotos. Atualmente, apenas suporta os sistemas operacionais Mac e Linux. (LARAVEL, 2017).
- *API Authentication (Passport)*: O Laravel torna a autenticação por API facilitada utilizando o *Laravel Passport*, que fornece uma implementação completa do servidor OAuth2 para seu aplicativo Laravel em questão de minutos. (LARAVEL, 2017).
- O *Laravel Scout* fornece uma solução simples, baseada em driver para adicionar pesquisa de texto completo aos seus modelos *Eloquent*. Usando observadores modelo, o *Scout* manterá automaticamente seus índices de pesquisa em sincronia com seus registros *Eloquent*. (LARAVEL, 2017).
- *Laravel Socialite*: fornece uma interface expressiva e fluente para autenticação OAuth com Facebook, Twitter, Google, LinkedIn, GitHub e Bitbucket. (LARAVEL, 2017).

2.3 CodeIgniter

O CodeIgniter, mais conhecido por CI, surgiu por obra de Rick Ellis em 2006 com base no refatoramento das classes que compunham o CMS Expression Engine da EllisLab, empresa que havia fundado quatro anos antes. A partir de 2014, a propriedade do framework foi cedida pela EllisLab para o Instituto de Tecnologia da Columbia Britânica (BCIT - British Columbia Intitute Tecnology) do Canadá. (ELLISLAB, 2017).



Figura 3: Logo do CodeIgniter.

O framework é distribuído sob a licença MIT e pode ser utilizado em sistemas operacionais UNIX-like (Linux e Mac OS X) e Windows, desde que os servidores HTTP Apache ou Nginx (Unix-like) ou IIS (Windows) estejam devidamente instalados e funcionando. (ANTUNES, 2017, p. 1-2)

O CodeIgniter 3.x (3.1.5) que a atual versão do framework foi desenvolvido em PHP 4 e não implementa nenhuma das PSRs, muito embora esse quadro esteja para mudar com o lançamento do CodeIgniter 4 que será baseado na PSR-4 e será totalmente desenvolvido em PHP 7 (ANTUNES, 2016).

Com isso, no entanto, o framework perderá um de seus pontos fortes que é a retrocompatibilidade, ou seja, a compatibilidade entre as diversas versões. Por outro lado, a expectativa é que o CodeIgniter recupere sua notoriedade entre a comunidade de desenvolvedores.

2.4 Laravel vs Yii vs CodeIgniter

Os Frameworks escolhidos implementam o padrão de projeto MVC, de acordo com Bento (2014) este separa software em basicamente três camadas distintas, A Model, responsável pelas regras de negócios específicas, a Controller que trata das requisições realizadas pelos usuários, em geral, utiliza a camada Model para obter e gravar dados, e a camada View responsável pela interação com o usuário, ou seja, a interface.

Realizando uma pesquisa sobre os frameworks a tabela 1, a seguir compara os resultados.

| | Yii | Laravel | Codeigniter |
|--------------------------|---|---|---|
| Última versão estável. | 2.0.12 | 5.4.22 | 3.1.5 |
| Data da última versão | 5 de junho de 2017 | 5 de maio de 2017 | 19 de junho de 2017 |
| PSR | 1 Basic Coding Standard 2 Coding Style 4 Autoloading Standard | 2 Coding Style 4 Autoloading Standard | Nenhuma (a nova versão está sendo construída para suportar a PSR-4) |
| Banco de dados | MicrosoftBI MongoDB MySQL Oracle PostgreSQL SQLite | MicrosoftBI MongoDB MySQL PostgreSQL Redis SQLite | MySQL Oracle PostgreSQL MS SQL SQLite CUBRID Interbase/Firebase |
| Licença | BSD license | MIT license | MIT license |
| Fórum | Total Posts 288,185 | Total posts 66,948 | Total Posts 416,748 |
| Principais pontos fortes | Suporta o Composer para gerenciamento de pacotes, e possui dezenas estendendo suas funcionalidades tem uma boa unidade de testes, tem uma grande comunidade com várias fontes para aprendizado (GARBADE, 2016). | Vem com suporte para Ajax, ótimo para desenvolvimento de aplicações de tempo real, oferecendo operações rápidas, tem um extenso gerenciamento de erros, e bom para criar Web Services Restful, e também possui uma grande comunidade com várias fontes para aprendizado (GARBADE,2016). | Fornecer um conjunto de ferramentas simples para criar aplicativos web totalmente desenvolvidos. O Codeigniter é um framework documentado que ajuda a simplificar o processo de desenvolvimento. (VALUE CODERS, 2017, tradução nossa) |

Tabela 2: Comparativo entre os frameworks.

Os frameworks possuem bons pontos, e comunidades fortes, por mais que o fórum do Yii e do Codeigniter seja maior atualmente nos últimos anos ele vem perdendo força, enquanto o Laravel vem ganhando destaque entre os desenvolvedores, como mostra o gráfico abaixo, de uma pesquisa do Google Trends, que mostra o interesse ao longo do tempo.

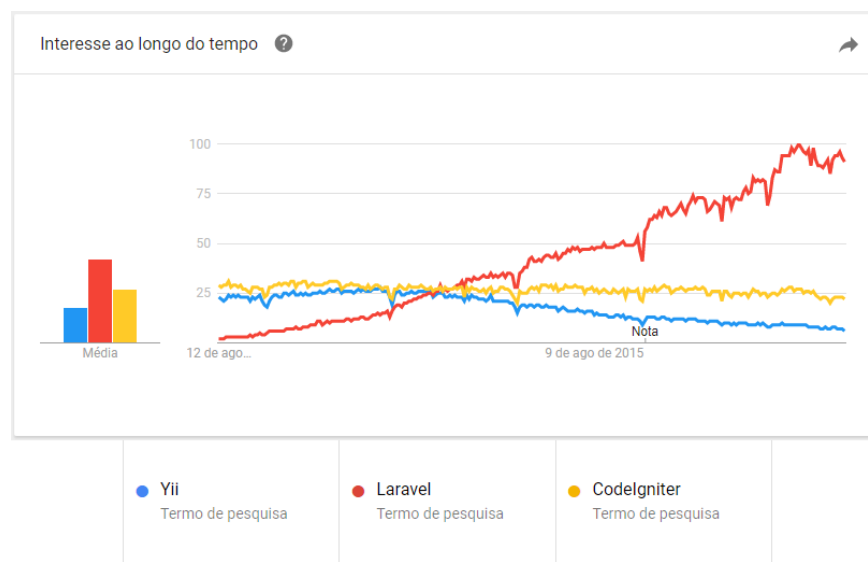


Figura 4: Pesquisa pelos termos Yii, Laravel e CodeIgniter no Google Trends(2017).

3 | CONCLUSÃO

São excelentes frameworks, o Laravel se destaca pela sua ascensão nos últimos anos sendo o mais procurado atualmente, e isso é muito importante para a longevidade de um framework, para que se consiga manter-se atualizado e com funcionalidades consistentes.

Entretanto o Yii, já está consolidado e continua sendo uma ótima escolha pela sua robustez e segurança, em projetos de qualquer tamanho e ainda existe muito material para que se possa aprender a sua utilização.

O CodeIgniter é uma opção interessante, devendo ser analisado os prós e contras da sua nova versão quando lançada para determinar seu potencial.

Assim conclui-se que a escolha deve ser feita baseada nas funcionalidades do projeto e qual framework possui os melhores recursos, sendo que o Laravel está tornando-se o mais indicado pela comunidade atualmente.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, J. L. **CodeIgniter - Produtividade na Criação de Aplicações Web em PHP**. São Paulo: Casa do Código. 2017.

ANTUNES, J. L. **CodeIgniter 4 - Um Pouco do que Está Acontecendo**. 2016. Disponível em: <<http://www.universidadecodeigniter.com.br/codeigniter-4-um-pouco-do-esta-acontecendo/>>. Acesso em: 04 ago. 2017.

BENTO, E. J. **Desenvolvimento Web com PHP e MySQL**. São Paulo: Casa do Código, 2014.

GARBADE, M. J. **How to choose a PHP framework**. Disponível em:< <https://opensource.com/business/16/6/which-php-framework-right-you>>. Acesso em: 18 jun. 17, 2016.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

GOOGLE TRENDS. **Comparar**. Disponível em:< <https://trends.google.com.br/trends/>

explore?q=Yii,Laravel> Acesso em: 18 jun. 17.

LARAVEL. **Release notes**. Disponível em: <<https://laravel.com/docs/5.4/releases>> Acesso em: 17 jun. 17.

MINETTO, E. L. **Frameworks para Desenvolvimento em PHP**. São Paulo: Novatec Editora, 2007.

MOZILLA DEVELOPER NETWORK. URL. Disponível em: <<https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Glossario/URL>>. Acesso em: 03 jun 2017.

NCE – UFRJ. **HTML Básico**. Cursos NCE a Distância.

PRESSMAN, R. S; MAXIM B. R. **Engenharia de Software: Uma abordagem profissional** 7ª ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.

THE PHP FIG, **Frequently Asked Questions**, 2017a. Disponível em: <<http://www.php-fig.org/faqs/>>. Acesso em: 07 ago. 2017.

THE PHP FIG, **PHP Standards Recommendations**, 2017c. Disponível em: <<http://www.php-fig.org/psr/>>. Acesso em: 07 ago. 2017.

THE PHP FIG, **PSR Workflow**, 2017b. Disponível em: <<http://www.php-fig.org/bylaws/psr-workflow/>>. Acesso em: 07 ago. 2017.

THE PHP GROUP. **O que é PHP**. Disponível em: <https://secure.php.net/manual/pt_BR/int

VALUE CODERS. **Codeigniter Vs CakePHP Vs Yii Vs Laravel**. Disponível em: <<https://www.valuecoders.com/blog/technology-and-apps/codeigniter-vs-cakephp-vs-yii-vs-laravel/>> Acesso em: 09 jun. 2017.

YII FRAMEWORK. **About Yii**. Disponível em: <<http://www.yiiframework.com/about/>> Acesso em: 17 jun. 17.

UM PANORAMA DA QUALIDADE DA INTERNET BANDA LARGA NA REGIÃO DO MATO GRANDE

Igor Augusto De Carvalho Alves

Instituto Federal De Educação, Ciência E
Tecnologia Do Rio Grande Do Norte
João Câmara – RN

Hellen Adélia Oliveira Da Cruz

Instituto Federal De Educação, Ciência E
Tecnologia Do Rio Grande Do Norte
João Câmara – RN

Maria De Lourdes Assunção Soares Dantas Fonseca

Instituto Federal De Educação, Ciência E
Tecnologia Do Rio Grande Do Norte
João Câmara – RN

RESUMO: A rápida expansão do acesso à Internet na Região do Mato Grande trouxe consigo uma quantidade grande de provedores que oferece um serviço nem sempre satisfatório, muitas vezes não cumprem a velocidade e qualidade prometida, causando irritação e frustração dos clientes. Este trabalho teve como objetivo analisar os provedores de Internet nessa região, onde foram verificados uma série de fatores importantes na qualidade de uma conexão de rede de computadores. Ao término das etapas de análise os dados e resultados foram divulgados aos usuários voluntários, aos provedores que foram avaliados e a toda comunidade para qual foi feita a pesquisa. A análise da qualidade da Internet da Região

teve como objetivo secundário contribuir para a melhoria da qualidade da Internet na medida que foi feito um comparativo dos resultados obtidos com as métricas de qualidade exigidos pela ANATEL, dessa forma os usuários e provedores tiveram ciência se o contrato assinado está dentro do mínimo exigido pela agência reguladora.

PALAVRAS-CHAVE: Internet. Qualidade. Banda Larga.

ABSTRACT: The rapid expansion of Internet access in the Mato Grosso Region has brought with it a large number of providers offering a service that is not always satisfactory, often not meeting the promised speed and quality, causing customers' irritation and frustration. This paper aimed to analyze Internet providers in this region, where a important factors were verified in the quality of a computer network connection. At the end of the analysis, the data and results were disseminated to the volunteer users, to the providers that were evaluated and to the entire community for which the research was done. The purpose of the analysis of the quality of the Internet in the Region was to contribute to the improvement of the quality of the Internet as a comparison of the results obtained with the quality metrics required by ANATEL, so that users and providers were aware of whether the contract signed is within the minimum required

by the regulatory agency

KEYWORDS: Internet. Quality. Broadband

1 | INTRODUÇÃO

Atualmente a informação desempenha papel fundamental na organização da sociedade e é instrumento essencial para a produção de riquezas, para a promoção do bem-estar e qualidade de vida dos cidadãos. Nesse cenário, a Internet é um instrumento que vem revolucionando as relações pessoais e comerciais, à medida que proporciona acesso rápido e democrático às informações e serviços.

Pesquisas recentes mostram que 77,1% dos domicílios brasileiros têm conexão por banda larga fixa e 49,4% da população brasileira têm acesso à Internet [PNAD 2015]. O acesso à rede, no entanto, nem sempre é satisfatório, muitas vezes os provedores de Internet não cumprem a velocidade e qualidade prometida na compra do serviço, causando irritação e frustração dos clientes.

Devido à própria arquitetura, equipamentos e complexidade da Internet é muito difícil garantir com exatidão e a todo o momento todos os fatores da qualidade envolvidos. Dessa forma, a ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicação) define limites mínimos de qualidade que devem ser respeitados pelas operadoras de Internet, ela é a empresa responsável por regular e fiscalizar os serviços de telecomunicações no Brasil.

A facilidade de instalação de dispositivos de rede e a crescente demanda pelo acesso à Internet em todos os municípios brasileiros trouxeram consigo um aumento significativo do número de provedores de acesso, muitos funcionando de forma improvisada, disponibilizando o acesso através de cabos ou rádio sem qualquer controle de qualidade.

O compartilhamento de Link de Internet, as necessidades comerciais e a facilidade de expansão da rede acabam comprometendo o serviço e prejudicando o usuário. Em outubro de 2014 a Anatel definiu limites mínimos de velocidade contratada pelos assinantes de bandas largas fixas, pelas metas as operadoras deverão garantir mensalmente, em média, 80% da velocidade contratada pelo usuário. A velocidade instantânea – aquela aferida pontualmente em uma medição – deve ser de, no mínimo 40% do contratado.

A empresa acompanha a evolução desses e de outros indicadores por meio do projeto nacional de medição de banda larga, no entanto o programa é feito através de uma amostragem de 12 mil usuários em todo o Brasil, priorizando as regiões de maior densidade demográfica e apenas as operadoras com maior número de clientes são avaliadas.

Como na região do Mato Grande os provedores de acesso à Internet não se enquadram no projeto, não se tinha nenhuma ideia do panorama atual dessa região, um estudo a respeito da qualidade do serviço, portanto foi extremamente útil e adequado.

Nesse sentido, este trabalho de conclusão de curso teve interesse de verificar e tornar público a qualidade dos provedores de Internet da região do Mato Grande, através de uma cooperação mutua entre a Empresa Aferidora de Qualidade da Internet Banda Larga (EAQ), o IFRN campus João Câmara e consumidores voluntários.

2 | OBJETIVOS

Verificar a forma e a qualidade dos serviços de acesso à Internet dos municípios da região do Mato Grande, bem como realizar uma pesquisa de satisfação de seus usuários e com isso poder visualizar o quadro atual da Internet na Região, contribuindo para o seu melhoramento.

3 | PARÂMETROS ANALISADOS

O monitoramento da qualidade de uma rede de computadores pode utilizar diversas métricas e segundo BURGESS-2004, os serviços são firmados sob contrato de nível de serviço (Services Level Agreement – SLA) que são estabelecidos entre os clientes e as prestadoras de serviço. Há cinco fatores principais na determinação do tipo de serviço: disponibilidade, largura de banda, atraso, jitter e perda de dados.

3.1 Disponibilidade

Porcentagem de tempo em que o serviço se encontra em funcionamento em relação ao tempo total do teste. É medido pela verificação da conectividade entre a casa do usuário e um servidor de medição na Internet.

3.2 Largura de banda

A Largura de Banda ou Bandwidth, tratada popularmente como velocidade, é a medida normalmente utilizada pelas prestadoras para identificar o produto oferecido e corresponde à maior quantidade de informação transmitida por unidade de tempo.

A grandeza normalmente é medida em bits, e não em bytes, os quais determinam a medida de capacidade de um determinado meio de transmissão por certa unidade de tempo (8 bits = 1 byte). Praticamente todas as medidas de bandwidth são realizadas em bits por segundo, sendo, em alguns casos, relacionada à faixa de frequências.

A largura de banda muitas vezes é responsável pela limitação da taxa de transmissão em sistemas de vídeo e comunicação de dados. Por exemplo, uma conexão discada de 56kbps é limitada pela largura de banda da linha telefônica, que por sinal é muito estreita se comparada com uma conexão ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line).

Em um site, ela indica quantos visitantes poderão visualizar a página ao mesmo tempo. Assim, grandes portais necessariamente precisam de um grande volume de banda para suportar o tráfego sem que o servidor fique abarrotado. Também há uma

relação com a velocidade com que o site é visto pelos usuários.

3.3 Latência

Em uma rede, latência é sinônimo de atraso, é o tempo que um pacote leva para percorrer a rede da origem até o seu destino, na teoria latência se dá por meio em que os dados devem ser transmitidos de forma imediata de um ponto a outro, ou seja, sem qualquer atraso em tudo.

Quando ocorre um tempo de retardamento grande pode fazer com que se comprometa a qualidade de uma aplicação, principalmente das aplicações de tempo real. Na latência existem contribuintes, eles são: propagação, transmissão, router e outros processamentos.

- Propagação: É o momento que leva para que um pacote viaje entre um lugar e outro.
- Transmissão: O meio em si (seja de wireless ou outro) introduz algum retardamento. O tamanho do pacote introduz atraso em uma viagem desde um pacote maior levará mais tempo para receber e retornar de um curto.
- Router e outros processamentos: Cada nó gateway leva tempo para examinar e possivelmente alterar o cabeçalho de um pacote (por exemplo, alterar a contagem de saltos no campo time-to-live).

Nos relatórios deste trabalho trataremos a latência de transmissão como ping, fazendo referência a um comando que é capaz de medir quantos milissegundos (ms) um pacote de informações leva para ir até um destino e voltar. De forma em que quanto menor o valor que ele retornar, mais rápida se encontra a conexão para este destino.

3.4 Jitter

É a variação do atraso, ou seja, um tempo de jitter indesejado ocorre quando a latência ora é curta, ora é muito longa. Normalmente ocorre por congestionamento na rede e dificulta técnicas de compressão de software em serviços de telefonia VoIP.

3.5 Perda de pacotes

Um pacote é uma unidade formatada de dados onde se é utilizado para transmitir as informações da Internet. A perda de pacotes ocorre quando um deles não chega ao seu destino, ocasionando assim a perda dos mesmos. Acima de um determinado patamar causa principalmente degradação em serviços multimídia, como serviços de vídeo na Internet. A grandeza é medida pela porcentagem de pacotes recebidos, considerando o número total de pacotes enviados e isso pode acontecer por falha de hardware ou baixa qualidade da conexão.

4 | NORMAS DA ANATEL

As regras da Anatel exigem, desde novembro de 2013, que os serviços dos provedores de Internet não podem estar indisponíveis por 99,5% do tempo. Ou seja, existe um tempo máximo de 3h36min de interrupção em um mês.

A velocidade instantânea da conexão do cliente deve ser de, no mínimo, 40% do valor contratado. Enquanto a velocidade média deve ser pelo menos 80% do que o usuário contratou. Em outras palavras, se o cliente tem um plano de 1 Mbps, a velocidade não pode ser inferior a 400 Kbps em nenhum momento. Mas ela também não pode permanecer muito tempo próximo a esse valor (a velocidade média deve ser de pelo menos 800 Kbps ao longo de cada mês).

| Prazo | Taxa de Transmissão Média (download e upload) | Taxa de Transmissão Instantânea (download e upload) |
|------------------------------|--|---|
| A partir de novembro de 2012 | 60% da taxa de transmissão máxima contratada | 20% da taxa de transmissão máxima contratada pelo usuário |
| A partir de novembro de 2013 | 70% da taxa de transmissão máxima contratada | 30% da taxa de transmissão máxima contratada pelo usuário |
| A partir de novembro de 2014 | 80% da taxa de transmissão máxima contratada | 40% da taxa de transmissão máxima contratada pelo assinante |

Tabela 1 - Regras exigidas pela Anatel

Fonte: www.anatel.gov.br

A latência, por sua vez, deve ficar no máximo em 80 milissegundos para conexões terrestres e 500 ms para conexões via satélite. A variação da latência (ou jitter) deve ficar no máximo em 40 ms; e a perda de pacotes deve chegar, no máximo, a 1% [Anatel, 2014].

5 | METODOLOGIA

Para realizar essa pesquisa foi utilizado o equipamento Simet Box, tratase de um equipamento que é instalado na casa de um cliente voluntário. Esse equipamento é basicamente um roteador com firmware modificado que tem a capacidade de avaliar os parâmetros de velocidade de Internet, totalizando o tráfego mensal (muito importante para garantir que o usuário não excedeu sua franquia), entre outros.

5.1 Etapas da pesquisa

Para a obtenção dos resultados esperados, foi necessário dividir a pesquisa em 8 etapas: definição e revisão do tema, definição da população alvo, elaboração e validação do instrumento de pesquisa, aplicação da pesquisa, recolhimento dos dados da pesquisa, análise dos resultados, divulgação dos resultados da pesquisa, elaboração da conclusão e relatório final.

5.1.1 Definição e revisão do tema

A primeira etapa, definição e revisão do tema, foi discutida no início do projeto, onde foi percebida a problemática e foram buscados os conhecimentos necessários a resolução do problema.

5.1.2 Definição da população alvo

Foram selecionados como voluntários da pesquisa os usuários dos provedores de Internet que existem na Região do Mato Grande. Todos os selecionados para compor a pesquisa usam um dos provedores existente na sua cidade, com isso foram escolhidos apenas um usuário de cada provedor.

| CIDADE | QUANTIDADE DE PROVEDORES | PROVEDOR |
|-----------------------|--------------------------|--------------------------------|
| BENTO FERNANDES | 2 | ViaNet, Oi Velox |
| JANDAÍRA | 2 | JNet, Oi Velox |
| JOÃO CÂMARA | 3 | Digi Control, NetJat, Oi Velox |
| PARAZINHO | 2 | MgNet, ViaNet |
| POÇO BRANCO | 2 | Oi Velox, Cint Net |
| SÃO MIGUEL DO GOSTOSO | 2 | Cia Net, MgNet |
| TAIPU | 3 | Cint Net, NetJat, Oi Velox |
| TOUROS | 2 | MgNet, Oi Velox |

Tabela 2 – Provedores da região por município

Fonte: Próprio autor

5.1.3 Elaboração e validação do instrumento de pesquisa

O instrumento inicial da pesquisa neste trabalho foi elaborado de forma em que um roteador tivesse a capacidade de analisar a qualidade de Internet. A elaboração do equipamento para o contexto deste trabalho seguiu a seguinte sequência:

- a) Comprou-se 6 roteadores da marca TP-Link Modelo TL-WR740N.

b) Foi instalado o Sistema Operacional (firmware) do Simet Box obtido através do repositório do simetbox em <http://simet.nic.br/firmware/>

c) Para instalar a versão do Sistema Operacional do Simet Box nos roteadores, foi utilizado um cabo de rede para conectar o computador ao roteador e foi acessado o endereço da interface web indicado no manual do roteador. Para os modelos que usamos o endereço padrão era o seguinte: <http://192.168.0.1>.

d) Após informar o usuário e senha, foi clicado em System Tools, então em Firmware Upgrade, depois em Choose File e escolhia o arquivo previamente baixado.

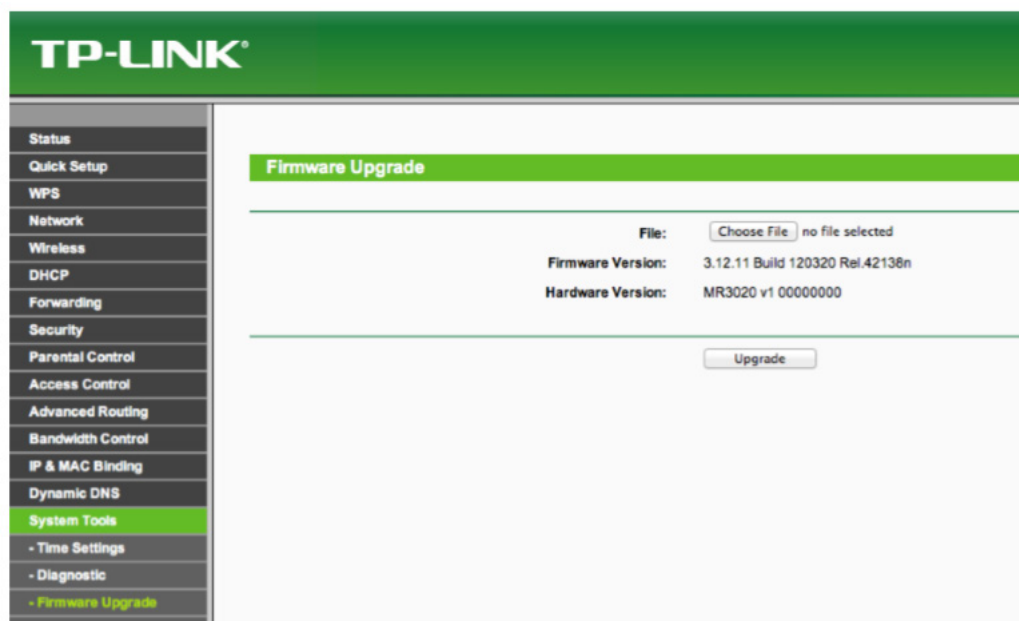


Figura 1 – Instalação do novo Firmware

Fonte: Próprio Autor

e) Após isto, foi clicado em Upgrade e se teve uma espera de 4 a 5 minutos.

f) Finalizando a atualização, removeu-se o cabo que conecta ao computador ao roteador e o reconectou após 15 segundos. Abriu um navegador e digitou na URL o IP que o aparelho atualizado ficou.



Figura 2 – Novo Firmware já instalado

g) Foram informados o usuário e a senha, e pronto. O equipamento estava pronto para o uso, onde ao clicar em “iniciar teste” os testes começaram.

Além desse equipamento, foi utilizada uma pesquisa satisfatória, onde os voluntários respondiam um questionário, nele contendo as seguintes perguntas:

- Qual o seu provedor de acesso à Internet?
- Qual a média do valor pago por sua Internet?
- Você está satisfeito com sua Internet?
- Sua Internet é lenta?
- A sua Internet cai muito?
- Quando chove sua Internet para de funcionar?
- Está satisfeito pelo valor pago pela sua Internet? Com isso, já teríamos uma pré análise da qualidade dos provedores de internet.

5.2.4 Aplicação da pesquisa

O período utilizado para aplicação dos roteadores com capacidade de fazer a análise dos provedores de Internet foi de 14 de setembro de 2015 até 18 de fevereiro de 2016, no qual era feito uma medição a cada 3 horas. Onde cada roteador passou 15 dias na casa de cada voluntário, gerando os dados a serem analisados.

O questionário era entregue no momento da instalação na casa do voluntário, de maneira que o usuário respondia e já entregava o mesmo, dessa forma já era possível durante a visita ter uma ideia da satisfação do usuário no momento da instalação do equipamento.

5.2.5 Recolhimento dos dados da pesquisa

O período utilizado para recolhimento dos roteadores era de 15 dias após sua instalação, em alguns casos a depender da disponibilidade de motorista esse prazo foi estendido, porém o relatório gerado se encerrou sempre em 15 dias após a instalação.

5.2.6 Etapa de análise dos resultados

Esta etapa apresenta a interpretação e análise dos resultados. Foram efetuadas análises por meio dos dados gerados pelo Simet Box, comparando sempre com as exigências da Anatel, buscando assim identificar os parâmetros de qualidade dos provedores e seus problemas.

5.2.7 Divulgação dos resultados da pesquisa

Os dados da pesquisa ainda não foram divulgados, entretanto pretendese realizar essa divulgação para toda a comunidade em evento próprio do IFRN João câmara (EXPOTEC) e eventos regionais e nacionais.

5.2.7 Elaboração da conclusão e relatório final

Esta etapa apresentará os resultados que foram encontrados na etapa de análise e a interpretação dos dados obtidos, tendo este TCC como fruto desta etapa.

6 | RESULTADOS E DISCURSÕES

A seção de análise dos resultados consiste na definição das dimensões que representam o objeto de análise desse trabalho. Essa seção foi dividida em dois tópicos, os resultados esperados e os resultados obtidos, tendo como objetivo apresentar o que esperávamos no início da pesquisa, e o que conseguimos obter ao decorrer dela.

6.1 Resultados esperados

O resultado esperado desse trabalho foi coletar os dados dos equipamentos, tendo assim um relatório da qualidade de Internet por cada município, sintetizando os em um relatório final de toda a Região do Mato Grande. Onde a coleta de dados foi feita de maneira em que fosse mensalmente em cada município devido a disponibilidade de equipamento de análise.

De certa forma esperou-se também aprimorar o conhecimento a respeito das métricas de qualidade de redes de computadores, como também ter desenvolvido um estudo detalhado da qualidade do serviço de Internet banda larga da região. Sendo assim, teve-se também como expectativa que os voluntários fiquem satisfeitos com a análise de forma em que seja proporcionado uma visão geral do seu provedor para que os usuários fiquem cientes sobre o seu provedor, se ele está realmente oferecendo o que ofertam. Se caso não estejam, que eles fiquem satisfeitos por descobrirem como seu provedor realmente funciona e se realmente o valor pago é justo com a velocidade oferecida. Por fim, servir de base para estudos de melhoramento dos serviços de Internet oferecidos nas cidades analisadas.

6.2 Resultados e discussões

6.2.1 João Câmara

Em João Câmara observou-se que existem três provedores, sendo eles: NetJat, Oi Velox e DigiControl. O período de análise dos provedores foi de 14 de setembro de 2015 a 30 de setembro de 2015, as velocidades contratadas dos voluntários foram de:

5Mbit/s para o provedor NetJat, 1Mbit/s para o provedor Oi velox e 2Mbit/s para o provedor DigiControl.

De acordo com as análises feitas foi possível observar que de fato os três provedores existentes na cidade de João Câmara respeitam às regras exigidas pela Anatel quanto aos limites de velocidade, porém foram identificadas muitas perdas de pacotes. Por meio da pesquisa de satisfação feita já era notável que os clientes dos provedores DigiControl e Oi Velox se mostraram insatisfeitos com a sua Internet contratada, pois estas apresentaram muitas perdas de pacotes.

Dentre os três provedores, a Oi Velox foi o único no qual não atingiu em nenhum momento a largura de banda contratada, entretanto não deixou de atingir os 80% de velocidade média exigida pela Anatel. Além disso, a Oi Velox em alguns momentos esteve abaixo do mínimo exigido pela Anatel de 40%.

6.2.2 Pedra Grande

Em Pedra Grande observamos que existem dois provedores, sendo eles: ViaNet e Oi Velox. O período de análise dos provedores foi 14 de outubro de 2015 a 30 de outubro de 2015, a velocidade contratada dos voluntários foram de: 1Mbit/s para o provedor ViaNet e 1Mbit/s para o provedor Oi velox.

Os provedores da cidade de Pedra Grande apresentaram um ótimo resultado da avaliação feita nelas. Na Oi Velox obteve um bom resultado pelo fato de chegar a ultrapassar a velocidade adquirida pelo usuário, como também por apresentar apenas só uma perda de pacote durante o período de teste. Apesar das perdas de pacotes frequentes, a ViaNet, manteve sua velocidade de banda mais de 80%. Vale ressaltar que de acordo com a pesquisa de satisfação, os clientes dos provedores da cidade de Pedra Grande, se mostraram satisfeito com a velocidade de Internet.

6.2.3 Poço Branco

Em Poço Branco observamos que existem dois provedores, sendo eles: CiaNet e Oi Velox. O período de análise dos provedores foi 14 de outubro de 2015 a 30 de outubro de 2015, a velocidade contratada dos voluntários foram de: 1Mbit/s para o provedor CiaNet e 1Mbit/s para o provedor Oi Velox.

Em Poço Branco a Oi Velox e CiaNet se mostraram respeitar as normas exigidas pela Anatel, onde nos dois provedores observamos que eles chegaram a ultrapassar a velocidade contratada pelo usuário. Apesar das perdas de pacotes da Oi Velox a avaliação mostrou que ambas estão suprindo as necessidades dos clientes, deixando-os assim satisfeitos.

6.2.3 Parazinho

Em Parazinho observamos que existem dois provedores, sendo eles: MgNet e ViaNet. O período de análise dos provedores foi 14 de setembro de 2015 a 02 de outubro de 2015 para o provedor MgNet e de 04 de novembro de 2015 a 18 de novembro de 2015 para o provedor ViaNet, a velocidade contratada dos voluntários foram de: 3Mbit/s para o provedor MgNet e 2Mbit/s para o provedor ViaNet.

Na cidade de Parazinho foi relatado que ambos provedores, MgNet e ViaNet, forneciam velocidade a mais do que o valor contratado pelo cliente. Ressaltando que houve poucas perdas de pacotes, e apenas quatro perdas de conexão na ViaNet. Os clientes dos provedores se mostraram satisfeitos, e acham equivalente a velocidade que é fornecida a eles com o valor pago.

6.2.4 Bento Fernandes

Em Bento Fernandes observamos que existem dois provedores, sendo eles: LRNet e Oi Velox. O período de análise dos provedores foi 19 de setembro de 2015 a 02 de dezembro de 2015, as velocidades contratadas dos voluntários foram de: 3Mbit/s para o provedor LRNet e 1Mbit/s para o provedor Oi velox.

Oi Velox e LR Net, são os provedores da cidade de Bento Fernandes. A Oi Velox não mostrou um bom rendimento nos relatórios, pois além de ter perdas de pacotes sua velocidade máxima não atingiu o valor contratado pelo usuário, e sua mínima está abaixo dos 40% exigidos pela Anatel. Já a LR Net, mesmo havendo perdas de pacotes, forneceu um valor considerável ótimo pelo fato de ultrapassar o qual foi contratado pelo cliente. De acordo com a pesquisa de satisfação feita pelos voluntários a cliente da Oi Velox se mostrou insatisfeita com a Internet a ela oferecida, pelo fato de ser lenta e de cair frequentemente, ao contrário do cliente da LR Net no qual se mostrou satisfeito.

6.2.5 Jandaíra

Em Jandaíra observamos que existem dois provedores, sendo eles: JNet e Oi Velox. O período de análise dos provedores foi 18 de novembro de 2015 a 02 de dezembro de 2015 para o provedor JNet e de 01 de janeiro de 2016 a 15 de janeiro de 2016, para o provedor Oi Velox, a velocidade contratada dos voluntários foram de: 2Mbit/s para o provedor JNet e 1Mbit/s para o provedor Oi Velox.

Em Jandaíra foram detectadas muitas perdas de pacotes principalmente no provedor da Oi Velox, porém os dois obedecem a regras da Anatel e ainda foi possível observar que ambos fornecem Internet além do valor pago pelo cliente. Na opinião do cliente da Oi Velox o valor pago é alto, comparado à velocidade que é oferecida, vale ressaltar que ela considera a Internet lenta. Já o cliente da JNet está satisfeito com a sua Internet.

6.2.6 Taipu

Em Taipu observamos que existem três provedores, sendo eles: Cinte Net, Oi Velox e NetJat. O período de análise dos provedores foi de 19 de setembro de 2015 a 02 de dezembro de 2015. As velocidades contratadas dos voluntários foram de: 1.5Mbit/s para a NetJat, 1Mbit/s para o provedor Oi Velox e 1Mbit/s para o Cinte Net.

Nos provedores existentes na cidade de Taipu, Oi Velox, NetJat e CinteNet, foram constatados problemas, como uma perda de pacote alta em todos provedores. A Oi Velox e a Net Jat, chegam a atingir um valor a mais do que o valor contratado, entretanto com o valor alto de perdas de pacotes ela não se torna uma Internet consideravelmente ótima, já que seus clientes a consideram Internet lentas. A CinteNet não atinge o valor contratado, porém ela se enquadra dentro das normas da Anatel, chegando a velocidade de 80%, tornando-a assim um provedor regular, vale ressaltar que o cliente desse provedor está satisfeito com a sua Internet.

6.2.7 Touros

Em Touros observou-se que existem apenas dois provedores, sendo eles: Oi Velox e MgNet. O período de análise dos provedores foi de 19 de setembro de 2015 a 02 de dezembro de 2015. As velocidades contratadas dos voluntários foram 1Mbit/s para ambos os provedores.

Os provedores da cidade de Touros, Oi Velox e Mg Net, não atingiram sua velocidade máxima contratada pelo usuário, tendo em vista também que o valor mínimo era inferior a 40% do valor mínimo exigido pela Anatel. Vale ressaltar que houve um número considerável de perdas de pacotes em ambos os provedores, além disso, a Oi Velox apresentou perdas de conexão constantemente entre os dias analisados. Segundo os clientes dos provedores analisados, a Oi Velox deixou a desejar em relação à velocidade fornecida, ao contrário do cliente da Mg Net, que está satisfeito com a Internet.

6.2.8 São Miguel Do Gostoso

Em São Miguel do Gostoso observamos que existem dois provedores, sendo eles: CiaNet e Mg Net. O período de análise dos provedores foi de 01 de fevereiro de 2016 a 18 de fevereiro de 2016 para ambos provedores, a velocidade contratada dos voluntários foram de: 3Mbit/s para o provedor CiaNet e 3Mbit/s para o provedor Mg Net.

Ao avaliarmos as bandas largas na cidade de São Miguel do Gostoso observamos que os provedores tiveram um resultado razoável as análises feitas, devido ao fato de estarem nas regras estabelecidas pela Anatel, entretanto obtiveram um valor constante de perdas de pacotes ao longo do tempo analisado.

De acordo com os clientes na pesquisa de satisfação, a Internet de ambos é

considerável boa, porém eles notam perda de conexão constante, e eles não se mostraram satisfeitos com o valor pago pela Internet fornecida.

7 | CONCLUSÃO

Este trabalho buscou analisar os provedores de algumas cidades da Região do Mato Grande. A partir dos resultados obtidos na pesquisa foi possível observar o desempenho dos provedores de forma que estivessem praticáveis as normas exigidas pela Anatel.

Através dos questionários e equipamento utilizado nas análises pode-se observar que alguns provedores oferecem mais velocidade de banda larga do que o cliente contrata, entretanto outros provedores não chegam a atingir a velocidade máxima, como a Oi Velox

Além disso, os provedores têm uma perda de pacotes alta e frequente, identificamos tais quedas principalmente no provedor Oi Velox - em todas as cidades analisadas. Como também a NetJat na cidade de Taipu, que apesar de atingir a velocidade máxima teve um número de perdas de pacotes exageradamente alta.

Depois de fazer este trabalho, faz-se necessário demonstrar a insatisfação com algumas normas estabelecidas pela Anatel. A mais prejudicial é a possibilidade do provedor oferecer apenas 80% da velocidade contratada pelo usuário, fazendo assim o cliente pagar por algo que não é totalmente usufruído.

O provedor que mais se destacou como o melhor das cidades analisadas foram ViaNet e MgNet, pois apresentaram poucas perdas de pacotes e uma velocidade média estimada boa, ou seja, no padrão da Anatel.

Para nós foi de grande interesse a organização desse trabalho, pois além de saber o que os provedores de Internet realmente oferecem aos seus usuários, permitiu também que os usuários tivessem acesso às análises feitas, contribuindo assim para a análise e conseqüentemente melhora do serviço na Região.

REFERÊNCIAS

AMARAL, Claudinei. **Protocolo TCP/IP**. Disponível em: <www.ebah.com.br>. Acesso em: 03 de março de 2016.

ANATEL. **Limites mínimos de velocidade da banda larga ficam mais rigorosos**. Disponível em: <www.anatel.gov.br>. Acesso em: 04 de março de 2016.

BRASIL WORK. **O que é latência em redes?** Disponível em: <www.brasilwork.com.br>. Acesso em: 27 de fevereiro de 2016.

FUNDAÇÃO BRADESCO. **O que é largura de banda?** Disponível em: <www.fundacaobradesco.org.br>. Acesso em: 27 de fevereiro de 2016.

LIVE TIM. **O que é perda de pacotes?** Disponível em: <www.livetim.tim.com.br>. Acesso em: 27 de fevereiro de 2016.

LOZANO, Fernando. **Arquitetura de Redes TCP/IP**. Disponível em: <www.clubedohardware.com.br/>. Acesso em: 03 de março de 2016.

MARTINS, Elaine. **O que é TCP/IP?** Disponível em: <www.tecmundo.com.br/>. Acesso em: 03 de março de 2016.

RED HAT ENTERPRISE LINUX 4. **Largura de Banda e Poder de Processamento**. Disponível em: <web.mit.edu>. Acesso em: 04 de março de 2016.

TANENBAUM, A. S. **Redes de Computadores**; 4ª edição: Campus, 2003.

VENTURA, Felipe. **Anatel obriga provedores de internet a fornecer, no mínimo, 40% da velocidade contratada**. Disponível em: <www.gizmodo.uol.com.br/>. Acesso em: 04 de março de 2016.

USO DE SUPPORT VECTOR MACHINE EM AMBIENTE SUBTERRÂNEO: APLICAÇÃO EM POÇO DE MONITORAMENTO PARA REGRESSÃO DE DADOS DE NÍVEL DE ÁGUA

Thiago Boeno Patricio Luiz

Universidade Federal de Santa Maria

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

Santa Maria – Rio Grande do Sul

Guilherme de Freitas Gaiardo

Universidade Federal de Santa Maria

Programa de Pós-Graduação em Ciência da
Computação

Santa Maria – Rio Grande do Sul

José Luiz Silvério da Silva

Universidade Federal de Santa Maria

Departamento de Geociências

Santa Maria – Rio Grande do Sul

RESUMO: Nas últimas décadas, o significativo desenvolvimento da técnica de Support Vector Machine (SVM) vem ganhando espaço em aplicações de problemas práticos de regressão e classificação de dados. No campo da hidrologia, essa técnica apresenta boas performances para algumas tarefas e seu desempenho tem sido satisfatório em diversos estudos científicos. Usando dados coletados em um poço de monitoramento, uma metodologia para previsão do nível de água subterrânea foi desenvolvida usando um algoritmo de regressão baseado em SVM. A partir da estruturação de um modelo empírico guiado por dados climatológicos, aplicou-se o método para

simular o comportamento dos níveis freáticos a fim de projetá-los alguns passos à frente. O uso da metodologia mostrou grande precisão para estimar os níveis de água subterrânea utilizando as variáveis de nível e de precipitação pluviométrica. Os resultados da pesquisa apontam que técnicas computacionais para análise, desenvolvimento e implementação de modelos em sistemas subterrâneos dinâmicos complexos, são abordagens que apresentam ótimo desempenho para a finalidade de predição das oscilações dos níveis de água subterrânea em aquíferos livres.

PALAVRAS-CHAVE: Água subterrânea. Lençol freático. Recursos hídricos.

USE OF SUPPORT VECTOR MACHINE IN UNDERGROUND ENVIRONMENT: APPLICATION IN MONITORING WELL FOR REGRESSION OF WATER LEVEL DATA

ABSTRACT: Over the last decades, significant development on Support Vector Machine (SVM) has been made. The technique has been applied to solve many practical problems on data regression and classification. In hydrology field, this technique presents good performance for some tasks and has proven satisfactory in several scientific studies. Using data collected on a monitoring well, a methodology for groundwater level prediction has been developed using a

SVM based regression algorithm. From the structuring of an empirical model guided by climatological data, the method was applied to simulate the behavior of the water table in order to forecast them some steps ahead. The results show great precision to estimate the levels of groundwater using previous levels and rainfall variables. The results of the research indicate that computational techniques for the analysis, development and implementation of models in complex dynamic underground systems are approaches that present optimum performance for the purpose of predicting the oscillations of groundwater levels in unconfined aquifers.

KEYWORDS: Groundwater. Water-table. Water resources.

1 | INTRODUÇÃO

O monitoramento dos níveis de água nos mananciais subterrâneos é elemento indispensável para o controle e a manutenção das políticas relativas aos recursos hídricos. Esses recursos são importantes fontes de abastecimento de água para diversas atividades em todo mundo. No Brasil, muitos municípios utilizam exclusivamente águas subterrâneas para garantir o fornecimento de água doce para a população. De acordo com dados da Agência Nacional de Águas (ANA) (ANA, 2010), cerca de 2073 municípios brasileiros utilizam exclusivamente águas subterrâneas para o abastecimento público, os quais estão distribuídos por diferentes domínios geológicos do território nacional.

No território do Rio Grande do Sul, a utilização de águas subterrâneas em termos quantitativos é bastante significativa, principalmente para atividades de abastecimento doméstico, industrial e para fins irrigação de culturas. A natureza das atividades econômicas do Estado, aliada à presença de dois grandes e importantes sistemas aquíferos - o Sistema Aquífero Serra Geral (SASG) e o Sistema Aquífero Guarani (SAG) - fazem com que a exploração de água subterrânea se torne vantajosa em muitos municípios gaúchos.

A gestão dos recursos hídricos subterrâneos possui um papel importante para o desenvolvimento social e econômico do Rio Grande do Sul, tendo em vista a crescente demanda para as áreas de irrigação, indústria e abastecimento público. Por consequência, o controle e o monitoramento quali-quantitativo desses recursos minerais são assuntos primordiais para os órgãos públicos responsáveis por assegurar o correto uso da água entre a sociedade. A extração acima da capacidade de reposição de água subterrânea em aquíferos pode acarretar, entre outros, na redução sensível das descargas aquíferas, nos volumes de lagoas e do fluxo de base de rios além de comprometer as características ambientais de sistemas lacustres, brejos e pântanos (FEITOSA et al., 2008).

A informação do nível das águas subterrâneas é um dos principais indicadores para estimar a sua quantidade. O conhecimento da profundidade do lençol freático em bacias hidrográficas é de interesse, principalmente em projetos e estudos que

envolvem aspectos de drenagem, fluxos de águas subterrâneas e avaliações de riscos ambientais.

Dessa forma, a simulação e a predição dos níveis freáticos de água em aquíferos livres, com bom grau de confiança, podem trazer grandes vantagens para a elaboração de cenários que sejam capazes de fornecer informações relevantes para gestão da água, constituindo um meio para realizar estimativas dos dados de nível.

Em um sistema aquífero, estimativas de dados de nível podem ser encaradas como um problema de regressão de dados. A variável resposta (nível de água) está condicionada, necessariamente, às variáveis de entrada (elementos hidrológicos e climatológicos). Nesse contexto, abordagens que utilizam algoritmos computacionais para previsão podem fornecer boas estimativas de níveis de água, contribuindo com o desenvolvimento de metodologias para o seu correto manejo.

Por fim apresenta-se a aplicação da técnica de SVM em dados de níveis de água subterrânea e precipitação pluviométrica, em um poço de monitoramento, buscando a previsão dos seus níveis. Assim, metodologias que ofereçam suporte às tomadas de decisão por parte da sociedade quanto à gestão dos recursos hídricos subterrâneos são importantes, pois disponibilizam ferramentas capazes de estimar a ocorrência de situações críticas e contribuem com o fornecimento de dados para o estabelecimento de planos para a conservação e uso sustentável da água subterrânea.

2 | BASE TEÓRICA DO SVM

As Support Vector Machines (SVM) foram propostas originalmente por Vapnik (1995; 1998), sendo parte do estudo de Teoria do Aprendizado Estatístico. Seu uso demonstrou resultados satisfatórios em diversas aplicações, como reconhecimento de imagens (GAO et al., 2001; SUN et al., 2002), classificação de tráfego da internet (LI et al., 2007), classificação de batimentos cardíacos (KAMPOURAKI et al., 2009), sistemas de transportes inteligentes (WU et al. 2004), entre outros.

SVM se baseia na ideia de um hiperplano separador que consiga maximizar a margem entre dois conjuntos de dados (PRADHAN, 2012). Para isso, os atributos utilizados para predição são mapeados para um espaço dimensional maior utilizando uma função $K(x)$, chamada função de *kernel*. A ideia é que ao fazer o mapeamento para esse espaço maior, seja possível encontrar um hiperplano (função linear) que separe os conjuntos que não eram separáveis linearmente em seu espaço original.

A Figura 1 ilustra o conceito de plano separador máximo para dados em 2D. Pode haver infinitos planos que separam linearmente os pontos, porém apenas um plano oferece a distância máxima entre os três vetores de suporte (pontos A, B e C).

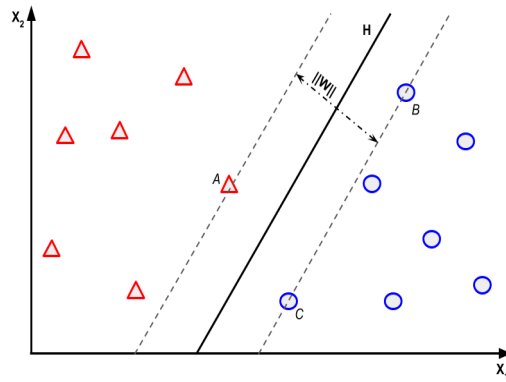


Figura 1 - Plano separador máximo para dados em 2D.

O cálculo do hiperplano H é feito minimizando a seguinte função (1):

$$C(W) = \frac{1}{2} ||W||^2 \quad (1)$$

Sujeito a $Y_i (\bar{W} * \bar{x}_i - b) \geq 1$, para todo $i = 0, 1, \dots, n$.

A Figura 2 demonstra a capacidade da função de *kernel* $K(x)$ em transformar os dados de forma não linear. Este efeito é produzido substituindo a operação de produtos internos pela função de *kernel*. O resultado é um hiperplano que no espaço original não é linear e, portanto, capaz de separar os dados.

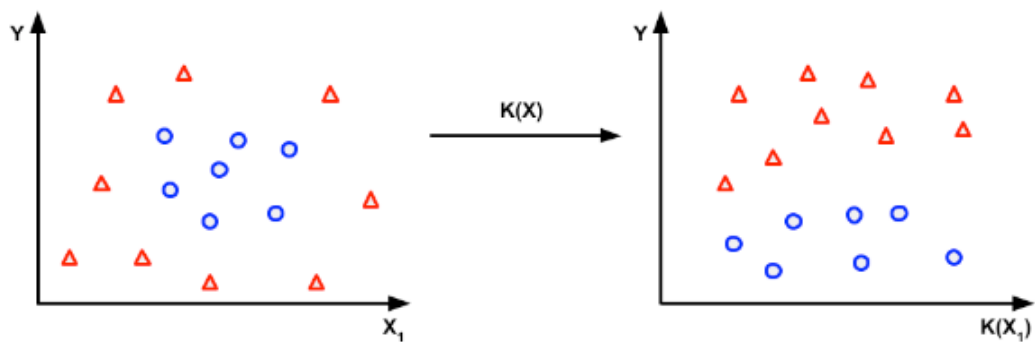


Figura 2 - Aplicação da função de *kernel* $K(x)$ em um conjunto de dados.

Alguns exemplos de função de *kernel* são:

- Polinomial: $k(\bar{x}_i, \bar{x}_j) = (\bar{x}_i * \bar{x}_j + 1)^d$
- Função de Base Radial Gaussiana: $k(\bar{x}_i, \bar{x}_j) = \exp(-t ||\bar{x}_i - \bar{x}_j||^2)$
- Tangente Hiperbólica: $k(\bar{x}_i, \bar{x}_j) = \tanh(q\bar{x}_i * \bar{x}_j + c)$

A generalização para uso em regressões utiliza o mesmo princípio, apenas estendido para que o hiperplano seja o que melhor se encaixe nos dados delimitados pelos vetores de suporte. O hiperplano pode ser expresso na forma (2), onde \bar{W} é um

vetor de pesos.

$$\mathbf{f}(\mathbf{x}) = \overline{\mathbf{W}} * \bar{x} + \mathbf{b} \quad (2)$$

Para determinar a função, Vapnik (1995) propôs o seguinte problema de otimização: minimizar $\|b, \xi, \xi^*$ em (1). Nesta formulação existe o parâmetro ε que é o erro máximo permitido para as estimativas. As variáveis de folga, ξ e ξ^* permitem erros na função. Isso consente que sempre exista uma solução para o problema de minimização, mesmo que existam casos onde a restrição de ε não é respeitada. $C \geq 0$ é uma constante que determina o quão plana será a função e a quantidade que os desvios maiores que ε podem ser tolerados

3 | APLICAÇÕES DE SVM NA ÁREA DA HIDROLOGIA

Os modelos baseados em SVM são empíricos, ou seja, são baseados nos dados de entrada, obedecendo a uma determinada formulação estabelecida como resposta ao problema de regressão. Neste tipo de abordagem, a técnica utiliza os inputs amostrais para generalizar uma saída, a qual representa uma decisão que foi guiada pelos dados, ao invés de seguir instruções pré-programadas. Na literatura, frequentemente utiliza-se a expressão “técnicas guiadas por dados” (*data-driven techniques*) os quais utilizam processos que são muitas vezes desconhecidos e, por isso, são considerados como modelos do tipo caixa preta.

As vantagens da utilização de modelos baseados em algoritmos computacionais e na teoria de aprendizagem estatística (VAPNIK, 1995; 1998), vêm sendo verificadas em uma variedade de campos da hidrologia. Metodologias que utilizam técnicas computacionais têm sido amplamente utilizadas para predições de dados pluviométricos, regimes de vazões, evapotranspiração, níveis de lagos e de reservatórios (HIPEL; MCLOUD, 1994; DIBIKE et al., 2001; ASEFA et al., 2006; LIN et al., 2006; KHAN; COULIBALY, 2006; TRIPATHI et al., 2006; BEHZAD et al., 2009; RAGHAVENDRA; DEKA, 2014).

Vários modelos foram desenvolvidos por pesquisadores para simular os processos de precipitação pluviométrica e escoamento. Dibike et al. (2001) investigaram o potencial do SVM para modelar o escoamento de base em bacias hidrográficas com base em entradas de chuva, estabelecendo um modelo chuva-vazão utilizando essa técnica.

Tripathi et al. (2006), demonstraram uma abordagem de SVM para a previsão da precipitação em escala de tempo mensal. A técnica de propagação reversa multicamadas baseadas em SVM, aliado a um modelo climático global provaram ser superiores às redes neurais artificiais convencionais para a condução de estudos de impacto climático. Eles concluíram que a metodologia baseada em SVM era adequada para a tarefa de classificação e regressão, e seu bom desempenho de generalização

na captura de relações de regressão entre os dados foram satisfatórios.

Misra et al. (2009) enfatizaram o uso de SVM para simular a vazão e sedimentos de uma bacia hidrográfica. Eles simularam o escoamento em escala diária, semanal e mensal e o aporte de sedimentos usando um algoritmo de reconhecimento de padrões baseado em SVM e o compararam com modelos compostos por redes neurais. A partir dessa comparação, eles observaram uma performance significativamente maior no desempenho do modelo de SVM proposto em comparação com o de redes neurais.

No campo da hidrologia subterrânea, metodologias baseadas SVM têm produzido resultados relevantes para a simulação de séries temporais de níveis de água subterrânea. A utilização deste tipo de metodologia tem sido utilizada para a previsão de dados piezométricos em diferentes contextos geológicos como em Yoon et al. (2011), Shirmohammadi et al. (2012) e Shiri et al. (2013), Gong et al., 2016, Gong et al., 2018, Luiz et al. (2018a), Luiz et al. (2018b).

Yoon et al. (2011), apresentaram uma comparação entre dois modelos não lineares para previsão de níveis de água subterrânea baseados em técnicas de redes neurais e máquinas de vetores de suporte. Este trabalho teve particular importância para o estudo da água subterrânea usando algoritmos computacionais, pois demonstrou que em alguns casos os modelos de redes neurais podem atingir elevados graus de incerteza.

Outra abordagem que tem sido utilizada para o estudo de séries temporais de água subterrânea são os modelos híbridos, os quais são compostos por uma combinação métodos estocásticos e computacionais ou entre diferentes métodos computacionais. Destacam-se os trabalhos de Gong et al. (2016) e Gong et al. (2018), que demonstraram obter melhoria no desempenho de suas previsões a partir de abordagens combinadas entre diferentes técnicas, incluindo às de SVM.

No Brasil, técnicas comparativas entre métodos computacionais foram apresentadas em Luiz et al. (2018b) os quais apresentaram bons ajustes em um modelo composto por dados de nível e precipitação no município de Itaara no Rio Grande do Sul. No município de Itaqui, um particular estudo de caso utilizando um modelo baseado na técnica SVM foi executado com ótimo desempenho por Luiz et al. (2018a), demonstrando alta acurácia e aplicabilidade.

4 | ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE ITAQUI

4.1 Localização da área e dados utilizados

O poço de monitoramento utilizado para aplicação do algoritmo está representado na Figura 3. Localiza-se no município de Itaqui, oeste do estado do Rio Grande do Sul, sul do Brasil. O município de Itaqui possui uma extensão territorial de aproximadamente 3406 km², possuindo uma população de 38.159 pessoas (IBGE, 2010). A base da economia do município é a agropecuária, onde destacam-se a criação de animais e o

cultivo de arroz irrigado, a principal fonte econômica do município.

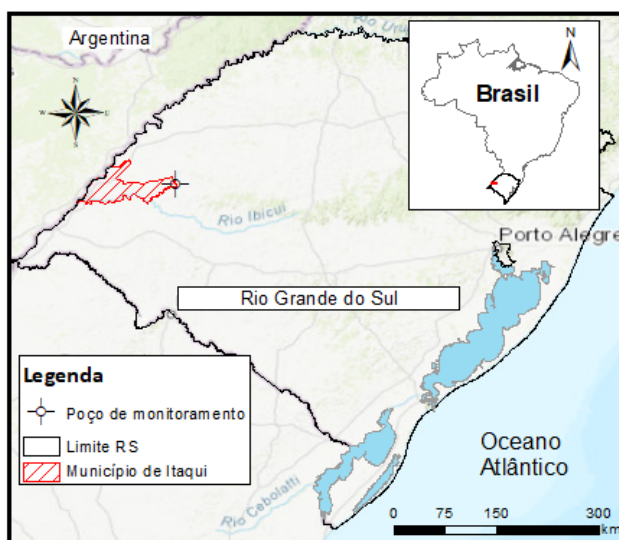


Figura 3 - Localização do poço de monitoramento no município de Itaqui/ RS.

Fonte: MACHADO; FREITAS (2005); RIMAS (2019); HIDROWEB (2018).

O poço tubular utilizado no estudo é de condição livre e está localizado em uma área sedimentar. Em parte do município de Itaqui, ocorre a Zona de Afloramentos do Sistema Aquífero Guarani (SAG), que são rochas porosas responsáveis pela recarga/descarga de água subterrânea (MACHADO; FREITAS, 2005).

O clima na região é definido segundo a classificação de Köppen como subtropical úmido, tipo CFa, caracterizado pela presença de invernos e verões bem definidos e inexistência de estação seca, com precipitações bem distribuídas em todos os meses do ano (ALVARES et al., 2013).

As precipitações pluviométricas médias anuais registradas para o município de Itaqui são de 1812 milímetros (ALVARES et al., 2013), todavia os totais anuais dos anos 2011, 2012 e 2013 registradas pela estação pluviométrica do município operada pela Agência Nacional das Águas (ANA) variaram entre 1248 e 1905 milímetros.

O poço de monitoramento em estudo possui 40,5 metros de profundidade, em uma cota topográfica de 107,06 metros acima do nível do mar. Seu perfil litológico (Figura 4) compreende camadas intercaladas de arenitos finos a médios, sendo considerado um poço com nível freático raso, com alta porosidade.

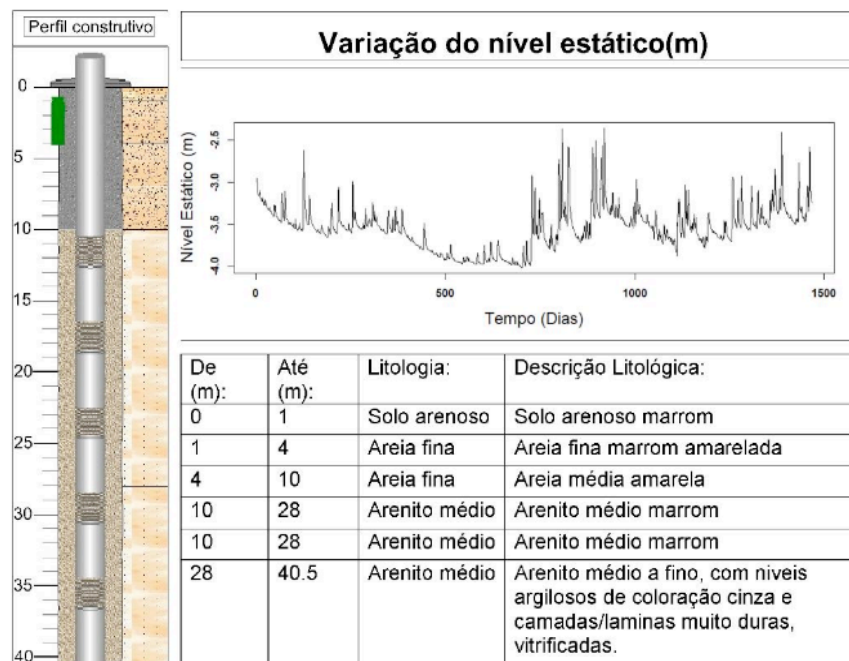


Figura 4 - Perfil litológico e série de níveis do poço de monitoramento em Itaqui/RS.

Fonte: Adaptado de RIMAS (2019).

Este poço está localizado na bacia do rio Ibicuí, numa região onde ocorrem feições de encostas e planícies fluviais. A litologia do poço de monitoramento é composta por rochas sedimentares e clásticas aflorantes, constituídas por arenitos formadores de aquíferos porosos, intergranulares e livres pertencentes à Zona de Afloramento do SAG.

Na Figura 4, apresenta-se também, a variação diária monitorada do nível estático de água subterrânea ao longo de aproximadamente 4 anos (entre 2010 a 2014). Os dados dos níveis foram adquiridos através do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) por meio da Rede Integrada de Monitoramento de Águas Subterrâneas (RIMAS) (RIMAS, 2019).

4.2 Estrutura de programação empregada e estimadores utilizados

Para construção do modelo, foram utilizados como inputs amostrais os dados de nível estático e de precipitação pluviométrica, adquiridos junto à ANA, através do Sistema de Informações Hidrológicas (HIDROWEB) (HIDROWEB, 2018). Utilizou-se a ferramenta LIBSVM (CHANG; LIN, 2011), a qual possui uma interface de programação em Python (PYTHON SOFTWARE FOUNDATION, 2016), que foi a linguagem escolhida para o processamento das informações.

Os dados brutos de nível estático foram analisados a partir da aplicação da Função de Autocorrelação (FAC) e Função de Autocorrelação Parcial (FACP), procurando identificar a melhor estrutura de entrada para a série de nível a fim de realizar o treinamento (calibração) dos dados em SVM. Nesta etapa utilizou-se

aproximadamente 85% dos dados, reservando 15% da série histórica para a etapa de verificação, a fim de comparar o valor observado com o valor estimado pelo SVM no poço de monitoramento nesse período.

A partir da análise da FAC e FACP, foi escolhida a estrutura que utiliza os últimos 3 dias de nível estático e os 5 dias anteriores de chuva. O modelo com essa estrutura apresentou o melhor ajuste para realizar as previsões dos níveis de água subterrânea para esse poço de monitoramento.

Após calibrado, o modelo permite que sejam feitas previsões para tantos dias quanto necessário, onde o erro cometido durante o processo de previsão tende a acumular-se em cada iteração. As previsões foram traçadas para um intervalo de 120 e 180 dias, totalizando 4 e 6 meses que não foram considerados na calibração do modelo.

Para estimar os ajustes em cada etapa da modelagem bem como a eficiência do modelo, calcularam-se além do coeficiente de determinação (R^2), o coeficiente de Nash-Sutcliffe (CNS) buscando-se avaliar o poder preditivo do modelo proposto.

5 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Calibragem do modelo a partir das séries temporais

Deste modo, escolheu-se uma estrutura na ordem 3 do nível estático para realizar a calibração do modelo, ou seja, utilizou-se as medições dos 3 dias anteriores (h_{t-2} , h_{t-1} e h_t) do nível para compor a estrutura de entrada no SVM. Esta composição de entrada para a modelagem utiliza o valor dos 3 níveis anteriores ao dia que se deseja prever para formar a função classificadora, onde o algoritmo toma como base essas observações para estimar o próximo nível e, assim, sucessivamente. Na Figura 5 apresenta-se o ajuste obtido na calibragem, bem como a plotagem dos dados observados versus os preditos.

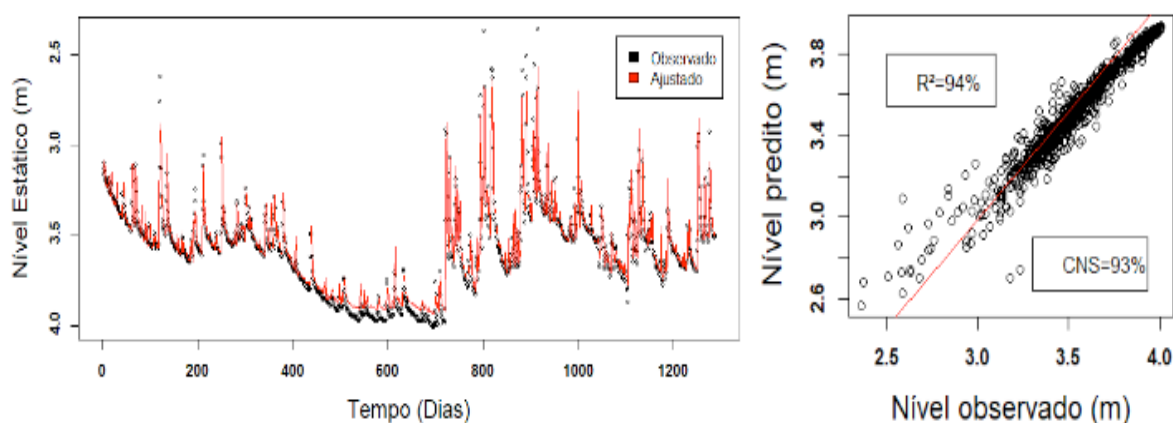


Figura 5 - Gráfico da calibração do modelo SVM nas séries de dados temporais.

Ao analisar os gráficos da Figura 5, percebe-se que o modelo ajustou-se

satisfatoriamente aos dados observados, obtendo um coeficiente de determinação de 94%, mostrando a eficiência deste procedimento para este trecho da série temporal. O valor do coeficiente permite inferir que o modelo ajustado tende a possuir um bom poder de previsão.

5.2 Previsão de dados e avaliação

Uma vez gerado o modelo de regressão por meio das séries históricas de nível de água e de precipitação utilizando a metodologia de SVM, partiu-se para a criação dos horizontes de 120 e 180 dias, estimando o h_{t+1} em cada iteração. Dessa forma, a partir do modelo calibrado, plotou-se na Figura 6 as previsões realizadas e os dados observados no mesmo período.

A partir dos dados preditos pelo modelo, apresentado nos gráficos da Figura 6, nota-se que os mesmos apresentam tendências de crescimento e decaimento semelhantes ao real medido no poço de monitoramento, ou seja, possuem boa aderência à série real observada. Os estimadores de erro para essa fase do estudo, em ambas simulações, apresentaram boas correlações, evidenciando alta margem de acerto pela técnica utilizada.

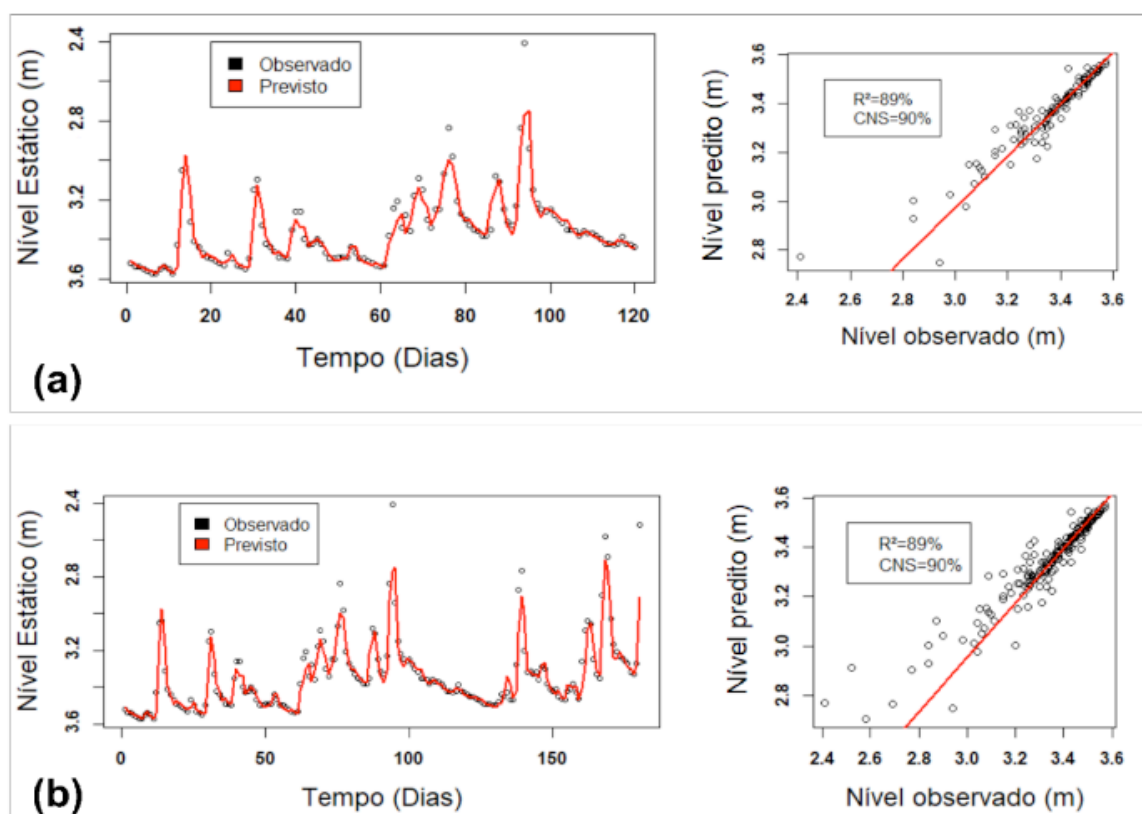


Figura 6 - Gráficos dos valores observados e previstos para períodos de 120 dias (a) e de 180 dias (b).

Os valores do R^2 e do CNS, obtidos tanto na etapa de calibração quanto na de previsão do modelo, foram identificados como adequados na medida em convergem para uma pequena medida de erro. É importante salientar que as metodologias baseadas

em autocorrelação de séries históricas induzem o conhecimento estritamente a partir dos dados utilizados para a calibração dos modelos. Valores com baixa recorrência de monitoramento ou mudanças bruscas nas escalas de valores ocasionadas por alterações climáticas constituem um ponto fraco para o uso deste tipo de abordagem.

Apesar de apresentar algumas limitações, que são inerentes a qualquer modelo teórico, o emprego da técnica de regressão/classificação baseado em SVM evidenciou algumas vantagens ao simular dados de nível estático e precipitação para fazer simulações e preenchimento de falhas em séries temporais de água subterrânea.

A metodologia permite realizar a integração de dados com outros poços ou utilizar mais estações pluviométricas no treinamento do modelo, podendo apresentar boas previsões dos níveis freáticos no contexto das bacias hidrográficas. Períodos de monitoramento mais longos ou a inserção de outras variáveis nas simulações, quando disponíveis, podem trazer aperfeiçoamentos na calibração do modelo e algum efeito aditivo na previsão.

6 | CONCLUSÕES

Algoritmos baseados em Vetores de Suporte demonstraram-se vantajosos para a simulação de dados de nível de água subterrânea em poço de monitoramento de aquífero livre. A metodologia empregada permitiu a obtenção de previsões consistentes a partir da precipitação e dos níveis de água anteriores.

Os resultados alcançados apresentaram um ótimo ajuste à série de dados, evidenciado pelos coeficientes de determinação (R^2) que atingiram 94% na calibração e 89% na fase de previsão para 120 e 180 dias.

Abordagens com a técnica SVM podem colaborar para o preenchimento de falhas em séries históricas, simular cenários de recargas ou descargas em bacias hidrográficas e na elaboração de estratégias que auxiliem na tomada de decisão no campo dos recursos hídricos subterrâneos.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS - ANA. **Atlas Brasil: Abastecimento urbano de água. Resultados por estado**, v. 2. Brasília: DF, 2010. 92 p.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES, G.; LEONARDO, J., SPAROVEK, G. **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n.6, p. 711-728. 2013.

ASEFA, T. et al. **Multi-time scale stream flow predictions: the support vector machines approach**. Journal of Hydrology, v. 318, n. 1, p. 7-16. 2006.

BEHZAD, M.; ASGHARI, K.; EAZI, M.; ALHANG, M. **Generalization performance of support vector machines and neural networks in runoff modeling**. Expert Systems with applications, v. 36, n. 4, p. 7624-7629, 2009.

CHANG, C.C.; LIN, C. J. **LIBSVM: a library for support vector machines**. ACM Transactions on

Intelligent Systems and Technology (TIST), v. 2, n. 3, p. 27, 2011.

DIBIKE, Y. B. et al. **Model induction with support vector machines: introduction and applications.** Journal of Computing in Civil Engineering, v. 15, n. 3, p. 208-216, 2001.

FEITOSA, E. C.; MANOEL FILHO, J.; COSTA, W. D.; FEITOSA, F. A. C.; DEMETRIO, J. G. A.; FRANÇA, H. D. Avaliação de Recursos Hídricos Subterrâneos. In: FEITOSA, F. A. C. et al. (Org.) *Hidrogeologia: Conceitos e aplicações*. 3 ed. Revisada e ampliada. Rio de Janeiro: CPRM, LABHID, 2008. Cap. 7.1, p. 661-669.

GAO, D.; ZHOU, J.; XIN, L. **SVM-based detection of moving vehicles for automatic traffic monitoring**, in: Proc. IEEE 4th Int. Conf. Intelligent Transportation Systems, pp. 745–749, 2001.

GONG, Y.; ZHANG, Y.; LAN, S.; WANG, H. **A comparative study of artificial neural networks, support vector machines and adaptive neuro fuzzy inference system for forecasting groundwater levels near Lake Okeechobee, Florida.** Water resources management, v. 30, n. 1, p. 375-391, 2016.

GONG, Y.; WANG, Z.; XU, G.; ZHANG, Z. **A comparative study of groundwater level forecasting using data-driven models based on ensemble empirical mode decomposition.** Water, v. 10, n. 6, 2018.

HIDROWEB. Sistema de Informações Hidrológicas. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 13 de out. de 2018.

HIPEL, K. W.; MCLEOD, A. I. **Time series modelling of water resources and environmental systems.** Elsevier, 1994.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo 2010.** Disponível: <<http://censo2010.ibge.gov.br/>> Acesso em: 02 de mai. de 2016.

KAMPOURAKI, A.; MANIS, G.; NIKOU, C. **Heartbeat time series classification with support vector machines.** IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, v. 13, n. 4, p. 512-518, 2009.

KHAN, M. S.; COULIBALY, P. **Application of support vector machine in lake water level prediction.** Journal of Hydrologic Engineering, v. 11, n. 3, p. 199-205, 2006.

LI, Z.; YUAN, R.; GUAN, X. **Accurate classification of the internet traffic based on the svm method.** In: IEEE International Conference on Communications. IEEE, p. 1373-1378. 2007.

LIN, J.; CHENG, C.; CHAU, K. **Using support vector machines for long-term discharge prediction.** Hydrological Sciences Journal, v. 51, n. 4, p. 599-612, 2006.

LUIZ, T. B. P.; GAIARDO, G. F.; SILVÉRIO DA SILVA, J. L. **Utilização de máquina de vetor de suporte para previsão de níveis de água subterrânea.** Águas Subterrâneas, v. 32, n. 1, p. 25-34, 2018a.

LUIZ, T. B. P.; SCHRÖDER, T.; SILVÉRIO DA SILVA. **Simulação dos Níveis Freáticos em Poço Tubular Localizado em Aquífero Livre: uma Comparação de Técnicas Preditivas.** Anuário do Instituto de Geociências, v. 41, n. 3, p. 227-238, 2018b.

MACHADO, J. L. F.; FREITAS, M. A. de. **Projeto Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul: relatório final.** Porto Alegre: CPRM, 2005.

MISRA, D. et al. **Application and analysis of support vector machine based simulation for runoff and sediment yield.** Biosystems engineering, v. 103, n. 4, p. 527-535, 2009.

PRADHAN, A. **Support vector machine - a survey**. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, v. 2, n. 8, p. 82-85, 2012.

PYTHON SOFTWARE FOUNDATION. Python Language Reference, versão 3.4.5. Disponível em: <<http://www.python.org>> Acesso em 25 de out. de 2016.

RAGHAVENDRA, S. J.; DEKA, P. C. **Support vector machine applications in the field of hydrology: a review**. Applied Soft Computing, v. 19, p. 372-386, 2014.

REDE INTEGRADA DE MONITORAMENTO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS - RIMAS. Disponível em: <<http://siagasweb.cprm.gov.br>> Acesso em 14 de mar. de 2019.

SHIRI, J.; KISI, O.; YOON, H., LEE, K. K; NAZEMI, A. H. **Predicting groundwater level fluctuations with meteorological effect implications - A comparative study among soft computing techniques**. Computers & Geosciences, v. 56, p. 32-44, 2013.

SHIRMOHAMMADI, B. et al. **Application of several data-driven techniques for predicting groundwater level**. Water Resources Management, v. 27, n. 2, p. 419-432, 2012.

SUN, Z.; BEBIS, G.; MILLER, R. **Improving the performance of on-road vehicle detection by combining Gabor and wavelet features**. In: Proceedings. The IEEE 5th International Conference on Intelligent Transportation Systems. IEEE, p. 130-135. 2002.

TRIPATHI, S.; SRINIVAS, V. V.; NANJUNDIAH, R. S. **Downscaling of precipitation for climate change scenarios: a support vector machine approach**. Journal of hydrology, v. 330, n. 3, p. 621-640, 2006.

VAPNIK, V. **The nature of statistical Learning theory**. Springer, New York, USA, 1995. 188 p.

VAPNIK, V. N. **Statistical learning theory**. Vol. 1. New York: Wiley, 1998. 732 p.

YOON, H.; JUN, S. C.; HYUN, Y.; BAE, G. O.; LEE, K. K. **A comparative study of artificial neural networks and support vector machines for predicting groundwater levels in a coastal aquifer**. Journal of Hydrology, v. 396, n. 1, p. 128-138. 2011.

WU, C. H.; HO, J. M.; LEE, D. T. **Travel-time prediction with support vector regression**. IEEE transactions on intelligent transportation systems, v. 5, n. 4, p. 276-281, 2004.

UTILIZAÇÃO DA DIFRAÇÃO DE RAIOS X NA CARACTERIZAÇÃO DO HIDRÓXIDO DUPLO LAMELAR (HDL) MG/AL E SEU EFEITO MEMÓRIA

Victor De Aguiar Pedott

Universidade Regional Integrada – URI-Erechim
Erechim - RS

Elton Luis Hillesheim

Universidade Regional Integrada – URI-Erechim
Erechim - RS

Iemedelais Bordin

Universidade Regional Integrada – URI-Erechim
Erechim - RS

Rogério Marcos Dallago

Universidade Regional Integrada – URI-Erechim
Erechim - RS

Marcelo Luís Mignoni

Universidade Regional Integrada – URI-Erechim
Erechim – RS

RESUMO: Os hidróxidos duplos lamelares (HDLs) são compostos que possuem estrutura similar à da hidrotalcita, são chamados também de argilas aniônicas por interagir com outros materiais via diferença de carga, por causa disso, dispõem de várias propriedades, uma delas é o efeito memória, este permite que HDLs do tipo Mg/Al, Zn-Cr e Zn-Al tenham suas estruturas regeneradas após serem submetidas a uma decomposição térmica como a calcinação em temperaturas na faixa de 400 a 800°C. A análise de difração de raios X (DRX) é um bom método para observar como a HDL

se comporta com o tempo quando submetida a ação da atmosfera para a regeneração de sua estrutura. As análises de DRX realizadas em tempos de 10 e 30 dias nos mostraram que os picos característicos da HDL estavam se regenerando gradativamente, após 30 dias exposta a ação da atmosfera a HDL chega no limite da sua regeneração, tendo sua estrutura similar a HDL primeiramente sintetizada.

PALAVRAS-CHAVE: DRX, efeito memória, HDL, regeneração.

UTILIZATION OF X-RAY DIFFRACTION IN CHARACTERIZATION OF LAYERED DOUBLE HYDROXIDE (LDH) MG/AL AND ITS MEMORY EFFECT

ABSTRACT: The layered double hydroxide (LDH) are compounds with similar structure of hydrotalcite, they are also called anionic clays because it interact with other materials by charge difference, therefore it have several properties, one of them it is the memory effect that allows layered double hydroxides like Mg/Al, Zn/Cr e Zn/Al have it structure regenerated after being submitted to a thermic decomposition, such as calcination, in temperatures in the range of 400~800°C. The X- Ray diffraction analysis (XRD) is a good method to observe how the LDH behave over time, when submitted by atmosphere air for the regeneration of it

structure. The XRD analysis realized in time within 10 and 30 days shows that the regeneration of characteristic peaks of LDH, this peaks regenerated gradually over time, after 30 days of exposure to the atmosphere the LDH achieve a similar structure of the first synthesized LDH.

KEYWORDS: LDH, Memory effect, XRD, Regeneration.

1 | INTRODUÇÃO

Os Hidróxidos Duplos Lamelares (HDLs) são alocados como pertencentes ao grupo de minerais referidos como “óxidos e hidróxidos não silicatos”, uma vez que apresentam propriedades químicas e físicas similares à dos argilominerais, que fazem dos HDLs como tal (NEWMAN, 1987). Os HDL são compostos que possuem estrutura similar a da hidrotalcita e na literatura são conhecidos como do tipo da hidrotalcita, ou do inglês “Hydrotalcite-like compounds”. (CARRADO, et al 1988).

A estrutura dos HDL, pode ser entendida a partir da estrutura do mineral brucita, $Mg(OH)_2$, que é constituído de camadas bidimensionais infinitas, e cada camada possui cátions Mg^{2+} coordenados octaédricamente por íons OH^- . Nesta estrutura as lamelas são empilhadas através de interações de Van der Waals e ligações de hidrogênio. Se nesta estrutura houvesse uma substituição de parte dos cátions Mg^{2+} por cátions Al^{3+} resultaria em uma carga residual positiva nas lamelas, que precisa ser balanceada por ânions entre as lamelas (VACCARI, 1999). Quando balanceada por ânions carbonato resultaria na estrutura da hidrotalcita, característica dos HDL. Entre as lamelas destes compostos há moléculas de água que interagem por ligação de hidrogênio com os íons hidroxila das lamelas e/ou com os ânions interlamelares (BRATERMAN E XU, 2009; VACCARI, 1999).

É possível preparar uma grande variedade de HDL devido à possibilidade de combinação de diversos cátions e ânions; esses cátions bivalentes e trivalentes devem possuir raio iônico próximo ao raio do cátion Mg^{2+} , que podem ser acomodados em sítios octaédricos, formando camadas (VACCARI, 1999).

Os HDL não são encontrados abundantemente na natureza, mas devido a grande possibilidade de combinações de cátions e ânions, uma variedade de HDL podem ser preparados em laboratório, com facilidade e custo relativamente baixo. Os cátions divalentes mais utilizados são por exemplo: Mg, Ni, Fe, Co, Cu, Zn, Ca, Mn; e os cátions trivalentes são: Al, Cr, Fe, Ni, Co, Sc e Ga (CREPALDI E VALIM, 1998). Estes cátions devem apresentar raios em uma faixa entre 0,5 a 0,74 Å e coordenação octaédrica. Os ânions mais utilizados para a preparação de HDL são os haleto (F^- , Cl^- , Br^- , I^-), os oxo-ânions (CO_3^{2-} , NO_3^- , SO_4^{2-} , CrO_4^{2-} , etc.), complexos de metais de transição aniônicos ($[NiCl_4]^{2-}$, $[Fe(CN)_6]^{4-}$, etc.), ânions orgânicos (carboxilatos, porfirinas, alquil-sulfatos, etc.), polioxo-metalatos ($V_{10}O_{2-}$, Mo_7O_{2-} , etc).

Alguns hidróxidos duplos lamelares apresentam uma propriedade denominada “efeito memória” (BATIANI et al., 2004), que consiste na regeneração da estrutura

inicial do material após ser submetido à decomposição térmica como a calcinação.

Os HDLs quando calcinados a uma temperatura próxima a 500°C sofrem uma decomposição dos íons interlamelares e quase completa desidroxilação do material, ocorrendo a perda da estrutura lamelar. Decorrente deste processo é formada uma solução sólida de um hidróxido-óxido duplo de M^{2+} e M^{3+} (CHIBWE AND JONES, 1989), um composto tipo periclásio. A Figura 1 ilustra a mudança estrutural ocorrida no processo de calcinação (REIS, 2009).

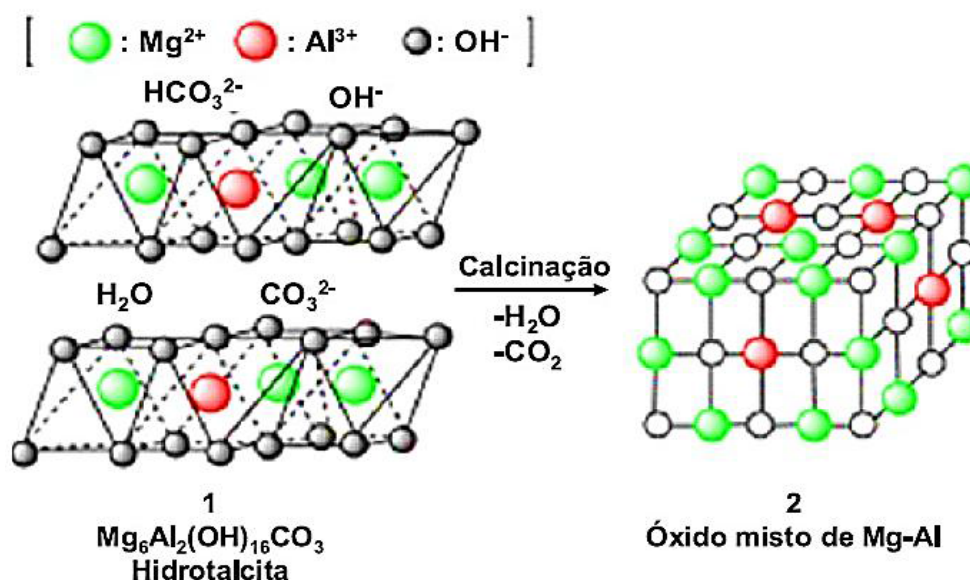


Figura 1: Estrutura antes da calcinação (1) e depois de calcinada (2). Adaptada de Reis (2009)

O simples contato do oxido formado com água ou a exposição a atmosfera pode fazer com a estrutura do oxido formado volte a sua forma original, porém para ocorrer a reconstrução da estrutura o oxido misto tem que ser bem formado (STANIMIROVA et al., 2004). A temperaturas muito altas (próximo a 1000°C) ocorre a formação de um composto do tipo espinélio (VELU et al., 1999), que é estável a exposição a atmosfera porém neste estágio o efeito memória não ocorre.

A regeneração decorrente da exposição à atmosfera deve-se à adsorção de umidade e CO_2 do ar atmosférico (RODRIGUES, 2007). Quando adicionado em água, o ânion carbonato é proveniente da dissolução do CO_2 atmosférico no solvente (WANG et al., 2007).

Os únicos sistemas de HDLs onde se é possível ocorrer o efeito memória são: Mg-Al, Zn-Cr e Zn-Al (KOOLI et al., 1997; WANG et al., 2007), a regeneração da estrutura nesses HDLs ocorre pois suas estruturas tem alto padrão de cristalinidade.

Repetidos ciclos de calcinação-hidratação causam a diminuição da quantidade de M^{3+} nas camadas do tipo brucita, logo, a diminuição da carga superficial ocasiona a perda da possibilidade de intercalação do ânion no espaço interlamelar. Além disso, repetidos de calcinação/regeneração ocasiona a existência da fase do óxido misto, mesmo quando o material é submetido "regeneração" (HIBINO et al., 1998).

A propriedade de regeneração da estrutura lamelar está sendo utilizada para a síntese de vários tipos de materiais, pois devido a isso é possível a intercalação de ânions orgânicos e inorgânicos (CHIBWE AND JONES, 1989).

Este trabalho tem como objetivo a síntese e a avaliação da regeneração dos hidróxidos duplos lamelares do tipo Mg/Al quando expostos a atmosfera.

2 | PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

2.1 Síntese de hidróxidos duplos lamelares (HDL)

Existem diversos métodos que podem ser utilizados para a síntese de hidróxidos duplos lamelares. Os mais conhecidos são: coprecipitação ou método sal-base (podendo ser realizado a pH variável ou constante), método do sal-óxido, síntese hidrotérmica, substituição do ânion interlamelar (a partir de um precursor previamente preparado), entre outros (CREPALDI E VALIM, 1998).

Para a síntese da HDL Mg/Al tradicional, foi adotado o método da coprecipitação a pH variável, no qual foram preparadas duas soluções, A e B. A solução A constituiu de uma mistura de 18,89 g de $\text{Al}(\text{NO}_3)_{3,9} \cdot \text{H}_2\text{O}$ e 25,65 g de $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ em 71,7 g de H_2O destilada (relação Mg/Al = 2). Já para a solução B foram pesadas 14,11 g de Na_2CO_3 , 10,10 g de NaOH e 113,30 g de H_2O destilada.

A solução A foi adicionada a solução B lentamente por gotejamento sob agitação magnética constante a 78 °C. Ocorreu a formação de um gel branco (pH = 10) que foi mantido em agitação por 18h. Após esse tempo o gel foi filtrado a vácuo e lavado com água destilada até pH 7 e seco em estufa a 80 °C. Posteriormente o sólido foi submetido à análise de difração de raios X no equipamento/modelo Rigaku X-ray diffractometer.

2.2 Processo de calcinação

Para a decomposição dos íons interlamelares existentes ($\text{OH}^-/\text{CO}_3^{2-}$), a HDL foi submetida ao processo de calcinação em mufla (Servilab N 1100) a 450 °C por 16h, o que provocou a eliminação total dos íons interlamelares e a condensação de todas as lamelas da estrutura da HDL formando um óxido misto. Para a confirmação da calcinação, o material obtido foi mandado para análise de difração de raios X.

Após o término do tempo de calcinação o material foi exposto à atmosfera para a análise do efeito memória.

2.3 Efeito memória

Para avaliação do efeito memória a HDL calcinada foi exposta a ação da atmosfera para desta maneira absorver os íons carbonato provenientes do CO_2 atmosférico, para deste modo ocorrer a reconstrução da estrutura da HDL Mg/Al inicialmente sintetizada.

A HDL calcinada foi deixada exposta a atmosfera por tempos de 10 e 30 dias

para avaliação da reconstrução da sua estrutura, também foram avaliados os seus espaços interlamelares após cada teste, para avaliar a influência da calcinação neste quesito, calculados pela lei de Bragg (Equação 1).

$$(1) \quad \lambda = 2 \times d \times \text{sen}\theta$$

Onde: λ : comprimento de onda do feixe de raios X do Cu (1,54 Å), d: espaçamento basal (Å), θ : ângulo de incidência.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise de difração de raios X

Para a confirmação da formação da HDL e da calcinação da mesma foi realizada uma análise de difração de raios X e os resultados obtidos comparados com a literatura. O resultados das análises estão representados nas Figuras 2 e 3.

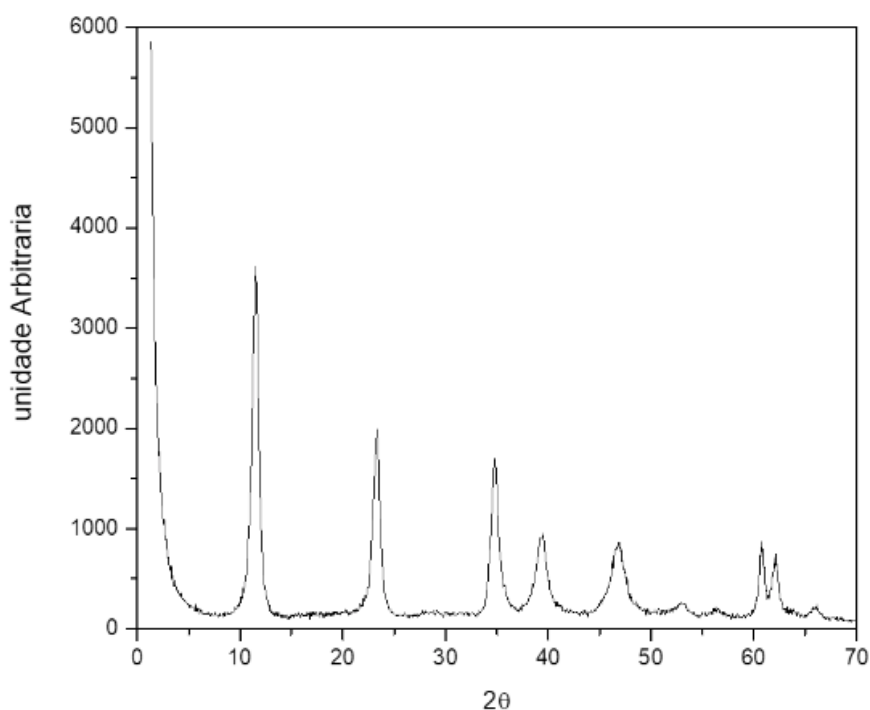


Figura 2: Análise de difração de raios X da HDL pura sintetizada.

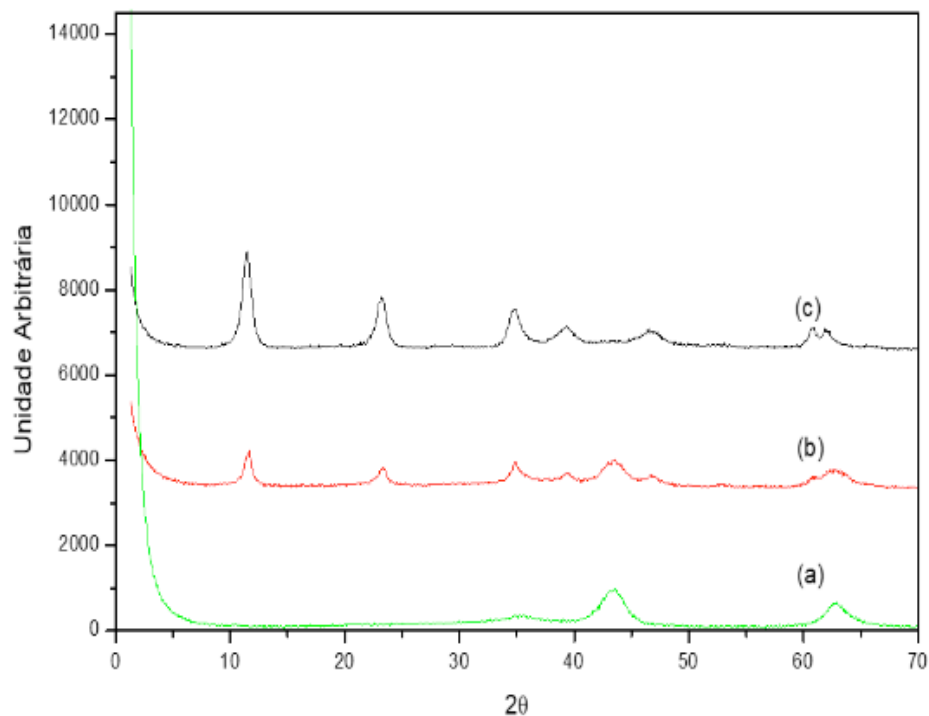


Figura 3: Análise de difração de raios X da HDL calcinada (a), exposta por 10 dias (b) e exposta por 30 dias (c).

Os resultados obtidos nas difrações de raios X confirmam a formação do material sintetizado e a ação do tempo em relação à regeneração da estrutura, obtendo, após 30 dias o material sintetizado inicialmente, porém com picos de cristalinidade menor intensidade, possivelmente correspondendo a uma menor taxa de cristalinidade.

3.2 Avaliação da exposição a atmosfera

Para avaliação da exposição foram feitas análises de DRX da HDL de 10 e 30 dias após ser colocada em exposição a atmosfera como mostrado na Figura 3. A partir deste dados é possível comprovar que o tempo é um fator importante em relação ao efeito memória, pois com apenas 10 dias de exposição a estrutura da HDL calcinada já havia sofrido uma pequena modificação mas nada muito significativo, já 30 dias após a exposição a estrutura da HDL estava regenerada, porém com uma menor intensidade em seus picos.

Já em comparação a modificação na estrutura, não ocorreu nenhuma, pois os espaçamentos basais, tanto da HDL inicialmente sintetizada e dela regenerada obtiveram o mesmo resultado que foi em torno de $0,77\text{\AA}$, comprovando assim que a regeneração não modifica a estrutura.

4 | CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que o efeito memória pode ser analisado através da análise de difração de raios x (DRX). Onde através destas podemos observar a diferença nos picos com o passar do tempo. Também conclui-se que o tempo é uma fator muito importante para a regeneração da estrutura da HDL pois somente após 30 dias é possível observar a formação de picos de maior intensidade quando comparado com a amostra de 10 dias exposta a atmosfera, porém, menos intensa que os picos apresentados pela estrutura da HDL inicialmente sintetizada.

5 | AGRADECIMENTOS

Capes, Fapergs, CNPq e a URI-Erechim

6 | AUTORIZAÇÕES/RECONHECIMENTO

Ao submeter o trabalho, os autores tornam-se responsáveis por todo o conteúdo da obra.

REFERÊNCIAS

BATIANI, R.; ZONNO, I.V.; SANTOS, I.A.V.; HENRIQUES, C.A. MONTEIRO, L.F.; **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, n. 21, v. 2, pág. 193, 2004.

BRATERMAN, P. S., XU, Z. P. **Layered Double Hydroxides: Self-Assembly and Multiple Phases**. Dekker Encycl. Nanosci. Nanotechnology, Second Ed. 1841, 2009.

CARRADO, K. A., KOSTAPAPAS, A., SUIB, S. L. **Layered double hydroxides (LDHs)**. Solid State Ionics 26, 77–86, 1988.

CHIBWE, K.; JONES, W. J. **Chemic Society.**, Chem. Commun,” pág. 926, 1989

CREPALDI, E. L., VALIM, J. B., 1998. **Layered Double Hydroxides: Structure, Synthesis, Properties and Applications**. Quim. Nova 21, 300–311, 1998.

HIBINO, T., TSUNASHIMA, A. **Chemistry of Materials** n. 10, pág. 4055, 1998.

KOOLI, F.; DEPEGE, C.; ENNAQADI, A.; DE ROY, A.; BESSE, J.P. **Clays and ClayMinerals**, n. 45, pág. 92, 1997.

NEWMAN, A.C.D. 1987. **Chemistry of Clays and Clays Minerals**. Wiley-Interscience: New York, 1987.

REIS, M. J. **Síntese e Caracterização de Hidróxidos Duplos Lamelares Preparados na Presença de Polímeros Orgânicos ou com Macromoléculas Intercaladas**,” Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2009.

RODRIGUES, J.C. **Síntese, Caracterização e Aplicações de Argilas Ânionicas do Tipo Hidrotalcita**, Dissertação De Mestrado, Programa de Pós-graduação em Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul, 2007.

STANIMIROVA, T.; PIPEROV, N.; PETROVA, N.; KIROV, G. 2004. **Clay Minerals**, n. 39, pág.177, 2004.

VACCARI, A. **Clays and catalysis: a promising future**. Appl. Clay Sci. 14, 161–198, 1999.

VELU, S.; SUZUKI, K.; OKASAKI, M.; OSAKI, T.; TOMURA, S.; OHASHI, F. **Chem. Mater.**, n. 11, v. 8, pág. 2163, 1999.

WANG, H.; CHEN, J.; CAI, Y.; JI, J.; LIU, L.; TENG, H.H. **Applied Clay Science** n. 35, pág. 59, 2007.

UTILIZAÇÃO DE SIMULAÇÕES NUMÉRICAS PARA ESTUDO DE ONDAS OCEÂNICAS

Matheus José de Deus

PPGFA – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
Curitiba - PR

Mateus das Neves Gomes

Instituto Federal do Paraná
Paranaguá - PR

RESUMO: Este trabalho trata sobre a propagação de ondas oceânicas através de uma abordagem computacional e apresentar uma forma de transformação de energia mecânica em energia elétrica. O objetivo foi fazer um levantamento bibliográfico sobre esses assuntos e levantar uma discussão sobre a transformação de energia transportada nas ondas oceânicas em energia elétrica. Através de um recurso computacional, foi possível demonstrar como ocorre a propagação das ondas oceânicas e fazer uma breve análise dos dados obtidos através da simulação numérica. O erro entre os resultados numéricos e analíticos foi de aproximadamente 11%, sendo satisfatório visto a simplicidade das simulações realizadas.

PALAVRAS-CHAVE: Propagação de ondas oceânicas. Recurso Computacional. Energia Mecânica. Energia Elétrica.

ABSTRACT: This paper talks about wave propagation with computational approach as a

way for converting mechanical energy in electric energy. The goal was to do a bibliographic survey about this matter and perform a discussion about the transformation of the mechanical energy present the ocean waves into electrical energy. With the computer was possible to demonstrate how the waves propagate in the ocean and do an analysis with the data obtained through numerical simulation. Also was possible to compare the numerical results with the analytical ones, with a 11% error between these results. It is considered a good error since the numerical simulation were very simplified

KEYWORDS: Ocean wave propagation. Computational resource. Mechanical Energy. Electric Energy.

1 | INTRODUÇÃO

Atualmente, muito discute-se sobre as fontes de energia, especificamente a energia elétrica, em relação tanto ao consumo quanto à transformação. Sua importância deve ser levada em consideração, visto que ela está cada vez mais presente na casa e na vida das pessoas (GOMES, 2010).

Pensando no problema que é a transformação de energia, este trabalho tem como objetivo realizar um levantamento bibliográfico para mostrar os processos de uma

simulação numérica.

Para que se possa estudar as ondas oceânicas utilizam-se simulações numéricas que fazem uma aproximação do que se tem na natureza através de um software. Para este artigo, o pacote de dinâmica dos fluidos do software FLUENT foi utilizado como simulador numérico, e para geração do domínio computacional utilizou-se o software GAMBIT (GOMES, 2010).

O FLUENT utiliza métodos numéricos, onde o objetivo de um método numérico é “resolver uma ou mais equações diferenciais, substituindo as derivadas existentes por expressões algébricas que envolvem a função incógnita” (MALISKA, 2013). Opta-se pelo método numérico quando não é possível a solução analítica, fazendo então uma aproximação numérica da equação diferencial, havendo a solução para um número discreto de pontos, e quanto maior o número de pontos, mais próximo da solução exata está a solução numérica.

O FLUENT utiliza como metodologia o Método dos Volumes Finitos (MVF). Este método é um método de discretização adequado para simulações numéricas de vários tipos de leis de conservação. É extensivamente usado em várias áreas da engenharia, tais como mecânica dos fluidos, calor e transferência de massa, ou ainda engenharia do petróleo. Pode ser usado em geometrias arbitrárias, usando malhas estruturadas ou não, que leva a esquemas robustos (EYMARD *et al*, 2003).

2 | DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão de literatura

Ondas são um dos principais assuntos da física, pois estão muito presente no dia a dia. O tipo de onda estudada aqui são as ondas mecânicas, em específico as ondas oceânicas. Todas essas ondas possuem duas características em comum: são governadas pelas leis de Newton e necessitam de um meio material para se propagar, como ar ou água (HALLIDAY *et al*, 2011).

De acordo com Chakrabarti (2005), a descrição das ondas oceânicas é muito complexa, visto que ondas oceânicas são formadas por superposições de várias ondas, por isso o seu comportamento é aleatório e de difícil representação matemática.

Assim, há duas teorias que classificam o comportamento das ondas, sendo elas as teorias de ondas regulares e ondas irregulares. A teoria adotada aqui é a das ondas regulares, pois têm ondas com comportamento definido e constante em cada período de tempo, diferente da teoria de ondas irregulares (GOMES, 2010).

A simulação numérica no escoamento de fluidos desempenha papel fundamental para compreensão do fenômeno, visto que a simulação numérica permite que experiências sejam executadas rapidamente (MALISKA, 2013).

2.2 Recursos Computacionais

A Dinâmica de Fluidos Computacional (CFD) analisa sistemas que envolvem escoamento de fluidos, transferência de calor e outros fenômenos através de simulações computadorizadas. Todos os códigos de CFD são constituídos de três elementos básicos: pré-processamento, processamento e pós-processamento. O estágio de pré-processamento consiste em transformar os dados para o estágio de processamento de uma forma que o software consiga realizar as soluções numéricas de tais dados. É nesse estágio que é define-se a geometria e as condições de contorno que serão adotados na construção do domínio computacional. O processamento é o estágio onde é feito a solução numérica, os cálculos dos problemas através dos softwares de CFD. E o pós-processamento é a análise dos resultados obtidos através das soluções numéricas (VERSTEEG e MALALASEKERA, 1995).

Para que se possa analisar uma onda se propagando em um tanque de água, é necessário que a simulação passe pelos três estágios de uma simulação numérica. O software GAMBIT é utilizado para a etapa de pré-processamento, que seria a geração do domínio computacional. O software FLUENT é utilizado para realizar a simulação numérica, sendo esta a etapa de processamento. Para o pós-processamento, utilizou-se uma planilha de cálculos para realizar as comparações entre as simulações numéricas e analíticas.

Dessa forma, foi possível realizar uma simulação de uma onda regular em uma malha bidimensional para que se pudesse fazer a comparação entre a solução numérica gerada pelo software com a solução analítica.

2.3 Análise e discussão dos resultados

Com a malha construída, foi possível realizar a simulação numérica no FLUENT. Para esta simulação, a sonda que detectava a elevação da onda estava localizada em 20 metros na horizontal. A Figura 1 mostra o gráfico que faz a comparação entre a solução analítica e a numérica.

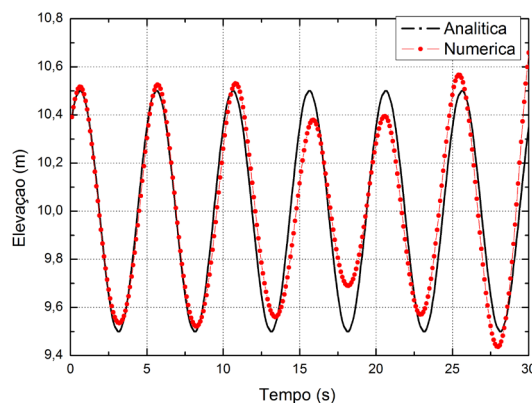


Figura 1. Comparação das soluções analítica e numérica de uma onda..

Fonte: autor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observando o gráfico construído na Fig. 1, pode-se observar que a aproximação feita de ambas as soluções encontram-se muito próximas, sendo o erro médio encontrado de aproximadamente 11%, e que dessa forma é possível dizer que as simulações numéricas podem ser realizadas para estudar os fenômenos ocorridos na natureza com poucos recursos de uma forma simplificada.

REFERÊNCIAS

CHAKRABARTI, S. K. **Handbook of offshore engineering**, vol. 1. Illinois, Estados Unidos: Elsevier, 2005.

EYMARD, R., GALLOUËT, T., HERBIN, R. Finite Volume Methods. *In*: CIARLET, P. G.; LION, J. L. **Handbook of Numerical Analysis**, vol. 7, Marseille, 2003. p. 713-1020.

GOMES, M. N. **Modelagem computacional de um dispositivo coluna d'água oscilante para a conversão da energia das ondas do mar em energia elétrica**. 206 f. Dissertação (Mestrado em Modelagem Computacional) – Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2010.

HALLIDAY, D., RESNICK, R., WALKER, J. **Fundamentos da física – gravitação, ondas e termodinâmica**, 8. ed., vol. 2, Rio de Janeiro: LTC, 2011.

MALISKA, C. R. **Transferência de calor e mecânica dos fluidos computacional**, 2. ed., Rio de Janeiro: LTC, 2013.

VERSTEEG, H.K.; MALALASEKERA, W. **An introduction to computational fluid dynamics: The finite volume method**. 1. ed. Longman Malaysia: TCP, 1995.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Jorge González Aguilera: Engenheiro Agrônomo (Instituto Superior de Ciências Agrícolas de Bayamo (ISCA-B) hoje Universidad de Granma (UG)), Especialista em Biotecnologia pela Universidad de Oriente (UO), CUBA (2002), Mestre em Fitotecnia (UFV/2007) e Doutorado em Genética e Melhoramento (UFV/2011). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no Campus Chapadão do Sul. Têm experiência na área de melhoramento de plantas e aplicação de campos magnéticos na agricultura, com especialização em Biotecnologia Vegetal, atuando principalmente nos seguintes temas: pre-melhoramento, fitotecnia e cultivo de hortaliças, estudo de fontes de resistência para estres abiótico e biótico, marcadores moleculares, associação de características e adaptação e obtenção de vitroplantas. Tem experiência na multiplicação “on farm” de insumos biológicos (fungos em suporte sólido; Trichoderma, Beauveria e Metharrizum, assim como bactérias em suporte líquido) para o controle de doenças e insetos nas lavouras, principalmente de soja, milho e feijão. E-mail para contato: jorge.aguilera@ufms.br

Alan Mario Zuffo: Engenheiro Agrônomo (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/2010), Mestre em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal do Piauí – UFPI/2013), Doutor em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal de Lavras – UFLA/2016). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS no Campus Chapadão do Sul. Tem experiência na área de Agronomia – Agricultura, com ênfase em fisiologia das plantas cultivadas e manejo da fertilidade do solo, atuando principalmente nas culturas de soja, milho, feijão, arroz, milheto, sorgo, plantas de cobertura e integração lavoura pecuária. E-mail para contato: alan_zuffo@hotmail.com

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-475-7

