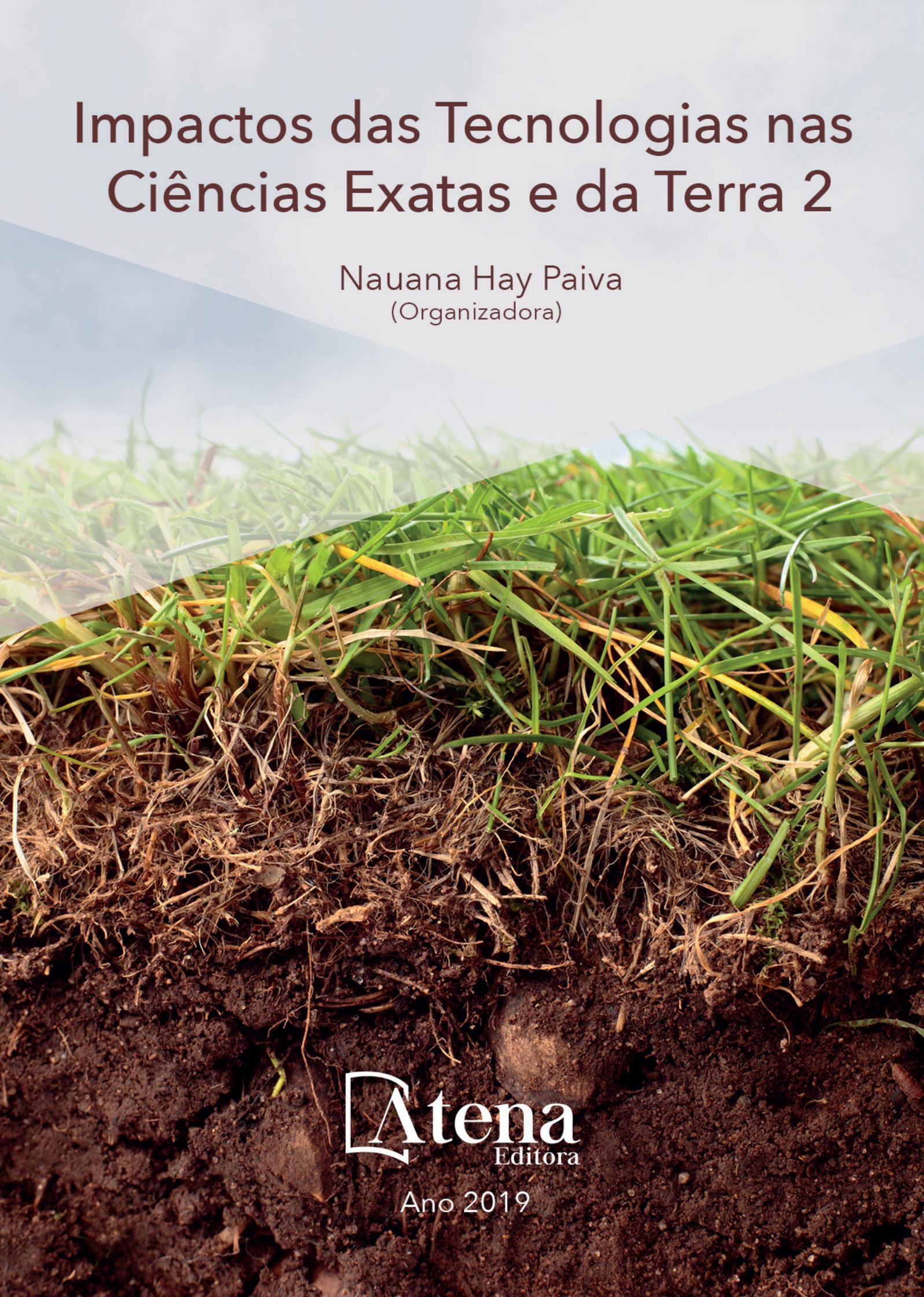


Impactos das Tecnologias nas Ciências Exatas e da Terra 2

Nauana Hay Paiva
(Organizadora)



Atena
Editora

Ano 2019

Nauana Hay Paiva
(Organizadora)

Impactos das Tecnologias nas Ciências Exatas e da Terra 2

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Karine de Lima

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
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
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

134	Impactos das tecnologias nas ciências exatas e da terra 2 [recurso eletrônico] / Organizadora Nauana Hay Paiva. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias nas Ciências Exatas e da Terra; v. 2) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-053-7 DOI 10.22533/at.ed.537192201 1. Ciências exatas. 2. Tecnologia. I. Paiva, Nauana Hay. II. Série. CDD 016.5
-----	---

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

DOI O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

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.

www.atenaeditora.com.br

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
O ALUNO COMO SUJEITO ATIVO NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM: OS IMPACTOS DAS METODOLOGIAS ATIVAS EM DIFERENTES MODALIDADES DA EDUCAÇÃO BÁSICA	
Sidney Silva Simplicio Alexsandra da Costa Andrade Maria do Socorro Tavares Cavalcante	
DOI 10.22533/at.ed.5371922011	
CAPÍTULO 2	15
COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DE FOLHAS DE GOIABEIRAS: UMA REVISÃO DE LITERATURA	
Luiza Alves Mendes Amélia Carlos Tuler Carolina de Oliveira Bernardes Drielli Canal Marianna Junger de Oliveira Garozi José Henrique Soler Guilhen Lidiane Gomes dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.5371922013	
CAPÍTULO 3	24
INFLUÊNCIA DO TEMPO DE CONTATO NA ADSORÇÃO DE NI(II) EM BIOCÁRVÕES ORIUNDOS DAS CASCAS DE EUCALIPTO E PALHA DE CAFÉ	
Ruan de Oliveira Alves D'ávila Leal Polastreli Ueslei Giori Favero Yago Ricardo de Oliveira Tiago Guimarães Lucas Destefani Paquini Bruno Regis Lyrio Ferraz Renato Ribeiro Passos Demetrius Profeti Luciene Paula Roberto Profeti	
DOI 10.22533/at.ed.5371922014	
CAPÍTULO 4	30
AVALIAÇÃO DA ADSORÇÃO DE CO(II) UTILIZANDO BIOCÁRVÕES DE PALHA DE CAFÉ COMO MATERIAL ADSORVENTE	
Ueslei Giori Favero Yago Ricardo de Oliveira D'ávila Leal Polastreli Ruan de Oliveira Alves Tiago Guimarães Lucas Destefani Paquini Bruno Regis Lyrio Ferraz Renato Ribeiro Passos Demetrius Profeti Luciene Paula Roberto Profeti	
DOI 10.22533/at.ed.5371922015	

CAPÍTULO 5 36

DEGRADAÇÃO DO FUNGICIDA FLUTRIAFOL UTILIZANDO NANOPARTÍCULAS BIMETÁLICAS DE FE/NI, FE/CU E CU COM ANÁLISE POR GC/MS

Maxwell Daniel de Freitas
Karla Moreira Vieira
Vanessa Moreira Osorio
Isabela Cristina de Matos Cunha
Renata Pereira Lopes Moreira

DOI 10.22533/at.ed.5371922016

CAPÍTULO 6 50

ANÁLISE TEMPORAL DA PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA DO MUNICÍPIO DE ARROIO DO PADRE/RS, ENTRE OS ANOS DE 2001 E 2016

Alison André Domingues Teixeira
Clismam Soares Porto
Alexandre Felipe Bruch
Angélica Cirolini
Marciano Carneiro
Jéssica Stern Behling

DOI 10.22533/at.ed.5371922017

CAPÍTULO 7 63

MAPEAMENTO DO USO DA TERRA E SEUS CONFLITOS EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NO MUNICÍPIO DE ARROIO DO PADRE, RS

Alison André Domingues Teixeira
Clismam Soares Porto
Angélica Cirolini
Alexandre Felipe Bruch
Marciano Carneiro
Marinêz da Silva

DOI 10.22533/at.ed.5371922018

CAPÍTULO 8 76

AValiação DA CONdição CORPORAL DOS CÃES DOMICILIADOS DO MUNICÍPIO DE REALEZA/PR

Jhenifer Cintia Beneti
Anne Caroline de Aguiar Pesenti
Andressa Silveira dos Santos
Glauco Eleutherio da Luz
Everton Artuso
Luciana Pereira Machado

DOI 10.22533/at.ed.5371922019

CAPÍTULO 9 81

IMPACTO DO TURISMO SOBRE A HIDROGRAFIA DO PARQUE ESTADUAL MARINHO DE AREIA VERMELHA, CABEDELO/PB: CONTRIBUIÇÕES PARA GESTÃO AMBIENTAL

Daniel Silva Lula Leite
George Emmanuel Cavalcanti de Miranda

DOI 10.22533/at.ed.53719220110

CAPÍTULO 10 98

ESTUDO GEOLÓGICO E DO COMPORTAMENTO ESTRUTURAL EM ÁREA PARA PRODUÇÃO DE BRITA EM VERA CRUZ (RS)

Cândida Regina Müller
Thays França Afonso
Leandro Fagundes
Luis Eduardo Silveira da Mota Novaes'

DOI 10.22533/at.ed.53719220111

CAPÍTULO 11 106

FLUXOS DE CALOR E RADIAÇÃO DE ONDA LONGA EM SUPERFÍCIE DURANTE TEMPESTADE TORNÁDICA EM TAQUARITUBA/SP

Kelli Silva de Lara
Allef Patrick Caetano de Matos
André Becker Nunes

DOI 10.22533/at.ed.53719220112

CAPÍTULO 12 115

SOBRE A INTERAÇÃO DE PÓRTICOS PLANOS COM O MEIO CONTÍNUO MODELADOS PELO MEC

Welky Klefson Ferreira de Brito
José Marcílio Filgueiras Cruz
Ângelo Vieira Mendonça

DOI 10.22533/at.ed.53719220113

CAPÍTULO 13 137

FÍSICA DO MEIO AMBIENTE: ESTADO DA ARTE

Thiago Moura Zetti
Milton Souza Ribeiro Miltão

DOI 10.22533/at.ed.53719220114

CAPÍTULO 14 146

ESTUDO DO GRUPO DE POINCARÉ E DE SUAS REPRESENTAÇÕES IRREDUTÍVEIS

Ana Camila Costa Esteves
Milton Souza Ribeiro Miltão

DOI 10.22533/at.ed.53719220115

CAPÍTULO 15 165

UMA REVISÃO SOBRE O PROBLEMA DE POSICIONAMENTO NO PROJETO DE CIRCUITOS INTEGRADOS MODERNOS

Mateus Paiva Fogaça
Jacques de Jesus Figueiredo Schmitz Junior
Paulo Francisco Butzen
Cristina Meinhardt

DOI 10.22533/at.ed.53719220116

CAPÍTULO 16 188

UMA IMPLEMENTAÇÃO DE CONTROLADOR DE ACESSOS DE BAIXO CUSTO UTILIZANDO CARTÕES RFID

Wagner Loch
Rafael Iankowski Soares

DOI 10.22533/at.ed.53719220117

CAPÍTULO 17 193

AGROQUÍMICOS: LEVANTAMENTO DO USO NA CIDADE DE FORMOSA DA SERRA NEGRA/MA E
UMA PROPOSTA PARA TRABALHOS EM SALA DE AULA

Janyeid Karla Castro Sousa
Jemmla Meira Trindade Moreira
Andréa Soares de Souza Barros

DOI 10.22533/at.ed.53719220118

SOBRE A ORGANIZADORA..... 209

O ALUNO COMO SUJEITO ATIVO NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM: OS IMPACTOS DAS METODOLOGIAS ATIVAS EM DIFERENTES MODALIDADES DA EDUCAÇÃO BÁSICA

Sidney Silva Simplicio

Instituto Federal do Sertão Pernambucano (IF-Sertão PE)

Petrolina – Pernambuco

Alexsandra da Costa Andrade

Instituto Federal do Sertão Pernambucano (IF-Sertão PE)

Petrolina – Pernambuco

Maria do Socorro Tavares Cavalcante

Instituto Federal do Sertão Pernambucano (IF-Sertão PE)

Petrolina – Pernambuco

RESUMO: Atualmente no Brasil, convivemos com um modelo educacional ultrapassado e fragmentado, no qual o acesso a uma educação igualitária é utopia. A preocupação com relação à educação tem permitido que fossem criadas novas metodologias com intuito de transformar os discentes em sujeitos ativos, buscando trazer mudanças às práticas com a finalidade de transformar a forma de transmitir o conhecimento. Nessa perspectiva, este projeto objetivou ministrar o conteúdo de ligações químicas em turmas de 9º ano de algumas escolas de modalidades de ensino diferentes da região. Para isso, foi feito o uso da metodologia ativa POGIL e de um jogo nomeado como baralho das ligações químicas examinando as particularidades e semelhanças

entre as modalidades estudadas e verificando a aceitação de uma metodologia diferenciada por parte dos discentes. O termino do presente trabalho possibilitou analisar a utilização de metodologias ativas no processo de ensino-aprendizagem, que mostrou-se satisfatória, pois possibilitou o envolvimento dos discentes com o conteúdo trabalhado, além de discussões em grupos e com a turma, afastando-se das aulas tradicionais e com auxílio das ferramentas ativas de ensino.

PALAVRAS-CHAVE: POGIL, Jogos Educacionais, Metodologias Diferenciadas, Aluno Ativo.

ABSTRACT: Currently in Brazil, we live with an outdated and fragmented educational model, in which access to an egalitarian education is utopia. The concern with education has allowed the creation of new methodologies with the intention of transforming the students into active subjects, seeking to bring changes to practices with the purpose of transforming the way of transmitting knowledge. From this perspective, this project aimed to provide the content of chemical bonds in 9th grade classes of some schools of different teaching modalities of the region. For this, the active methodology POGIL and a game named as a pack of chemical bonds were made, examining the particularities and similarities between the modalities studied and

verifying the acceptance of a differentiated methodology by the students. The conclusion of the present study made it possible to analyze the use of active methodologies in the teaching-learning process, which proved to be satisfactory, since it promoted the students to be involved with the content worked, as well as discussions in groups and with the class, away from traditional classes and with the aid of active teaching tools.

KEYWORDS: POGIL, Educational Games, Differentiated Methodologies, Active Student.

INTRODUÇÃO

O modelo de ensino vigente no Brasil passou por constantes mudanças desde a sua implantação e hoje é resultado de diversas transições que ocorreram durante todos esses anos, gerando um ensino fragmentado e muitas vezes vulnerável. Os principais modelos atuantes no Brasil transcendem desde a escola pública (estadual, municipal, técnico ou militar) a colégios de ensino privado, tendo cada modelo suas semelhanças e particularidades, de acordo com o contexto a qual fazem parte.

Os diferentes contextos e realidades de ensino possuem como um dos seus objetivos principais a formação acadêmica de seus discentes. Todavia, a problemática do ensino cresce a partir desse propósito, pois a formação do alunado a partir dos diferentes modelos tem favorecido o crescimento do desnívelamento educacional, fato observado e analisado por diversos métodos de avaliação no Brasil (SAEB, Prova Brasil, Provinha Brasil e Enem), no qual de acordo com a revista Exame (2017) a média geral das escolas brasileiras é de 525 pontos, mas 91% das escolas públicas estão abaixo da média.

O ensino das ciências, por exemplo, a cada dia que passa se torna um grande desafio para os que têm o propósito de mediá-lo. A preocupação com relação à educação tem permitido que fossem criadas novas metodologias com intuito de transformar os discentes em sujeitos ativos, buscando trazer mudanças às práticas com a finalidade de transformar a forma de transmitir o conhecimento.

Porém, ao analisar o contexto no qual os alunos estão inseridos, bem como o método de ensino utilizado por alguns professores de algumas escolas da região, chegou-se à conclusão que as práticas de ensino atuais já não se fazem mais tão exitosas como antigamente, principalmente quando se trata do ensino de química, e que esta preocupação não é tão importante quanto nos fazem acreditar.

Com relação ao método de ensino, observou-se que o utilizado pela maioria dos docentes é o modelo tradicional, modelo este em que o professor é o centro do conhecimento, ele se torna o sujeito ativo do processo de ensino-aprendizagem passando para os discentes o conteúdo trabalhado normalmente por meio de aulas teóricas, fazendo uso na maioria das vezes do livro didático, quadro e pincel para explicar o conteúdo enquanto os seus alunos apenas observam o que lhes é mostrado. Como isso, em disciplinas que utilizam somente o método tradicional, as aulas são

centradas no professor, que define quais são os conteúdos e como será o processo de ensino-aprendizagem (SANTOS, 2011).

Atualmente no Brasil, convivemos com um modelo educacional ultrapassado e fragmentado, no qual o acesso a uma educação igualitária é utopia. Entre esses extremos de diversidade, encontramos escolas que estão no século XIX, com professores do século XX, formando alunos para o mundo do século XXI (BARBOSA e MOURA, 2013). Araújo (2011, p. 39) resume esta situação no anseio por uma educação reinventada, uma vez que o modelo atuante ultrapassado, “tem agora, também, de dar conta das demandas e necessidades de uma sociedade democrática, inclusiva, permeada pelas diferenças e pautada no conhecimento inter, multi e transdisciplinar, com a que vivemos neste início de século 21”.

Ainda, (BARBOSA e MOURA, 2013, p. 52) relata que “[...] as projeções mais recentes para o futuro da educação indicam que a escola, como ela é hoje, tem poucas chances de sobrevivência nas próximas décadas”. Teóricos como Dewey (1950), Freire (2009), Rogers (1973), entre outros, já enfatizam a importância de superar a educação bancária, tradicional e focar a aprendizagem no aluno, envolvendo-o, motivando-o e tornando-o proativo.

Com relação à mudança desse paradigma educacional, Moran (2015), um teórico que é referência quando se trata de metodologias ativas, também indica que a mudança da metodologia deve acontecer, entretanto, elas devem acompanhar os objetivos pretendidos. Se o nosso objetivo é que tenhamos alunos proativos, temos que adotar metodologias em que esses alunos se envolvam em atividades que eles precisem tomar decisões, com assuntos complexos e avaliar os resultados, com apoio de materiais necessários.

Diante disto, fica perceptível que com o modelo atualmente vigente e as práticas ultrapassadas, o ensino se torna fragmentado e o aluno não consegue evoluir, não consegue deixar de ser passivo e se tornar autor do seu próprio conhecimento. Segundo Rocha Filho, Basso e Borges (2007, p.18) “[...] os professores continuam atuando tradicionalmente por conta da política educacional por deficiência em sua formação, ou por motivos econômicos”. (SANTOMÉ, 1998, p.111) complementa que “a estrutura de disciplinas desanimam, não incentiva iniciativas dos estudantes para o estudo nem para a pesquisa autônoma. Não estimula a atividade crítica nem a curiosidade intelectual”.

Por este e outros fatores tem-se a necessidade de avaliar o estudante e analisar até que ponto essa preocupação com a educação é uma realidade. Observar se de fato este aluno está sendo formado para ser ativo e crítico, ou se isso é só em teoria, investigar se este aluno está realmente sendo formado para atuar como cidadão na sociedade, uma vez que “para o exercício pleno da cidadania, um mínimo de formação básica em ciências deve ser desenvolvido, de modo a fornecer instrumentos que possibilitem uma melhor compreensão da sociedade em que vivemos” (DELIZOICOV & ANGOTTI, 1990, p. 56). Assim, precisa-se de uma mudança por parte dos educadores,

que devem procurar meios para solucionar essas lacunas existentes no sistema de ensino.

É sabido que o processo de ensino-aprendizagem tem enfatizado diversos debates a fim de superar essas vulnerabilidades do ensino e que essa crescente preocupação com a educação tem possibilitado o crescimento de novas metodologias com intuito de transformar os discentes em sujeitos ativos e tornar os profissionais docentes em mediadores eficientes desse conhecimento através de novas técnicas e processos de ensino. Com isso, nascem as metodologias ativas nas quais o discente passa a ser o agente ativo da aprendizagem e os professores mediadores desse método, formando discentes críticos e autônomos.

Segundo Borges e Alencar (2014), a utilização dessas metodologias pode favorecer a autonomia do educando, despertando a curiosidade, estimulando tomadas de decisões individuais e coletivas, advindos das atividades essenciais da prática social e em contextos do estudante. É de essencial importância o uso de diferentes ferramentas metodológicas que estimulem de forma ativa a participação dos alunos, e com isso a elaboração de materiais didáticos fazendo uso de metodologias ativas ganha destaque, pois nesta produção ocorre todo o envolvimento dos docentes e discentes na sua elaboração. Materiais como jogos educativos e o uso de metodologias ativas são ferramentas contextualizadas e multidisciplinares que se utilizadas em conjunto com a aula ministrada possuem uma grande ênfase na aprendizagem.

Desse modo, as metodologias ativas, assim como jogos educativos, técnicas reflexivas e formas de contextualização do ensino podem ser utilizadas para fazer a abordagem do conteúdo de uma forma diferente da tradicional, a fim de fazer com que o estudante torne-se este sujeito ativo que é tão almejado. Além disso, o docente deve atentar-se a não transmitir o conhecimento apenas e sim procurar a melhor forma para que seus alunos aprendam. Como salienta Araújo (2011), o docente deve começar:

[...] preocupando com o “como” se ensina, mas, sobretudo, com o “como” o aluno melhor aprende e “como” ajudá-lo a encontrar os próprios caminhos para estar sempre em processo de aprendizagem. Preocupa-se com o ser como totalidade, percebendo-o em toda a sua multidimensionalidade, mediante processos de ensino e aprendizagem que não acontecem de maneira opressora, mas se constituem por meio de processos reflexivos, vivências de liberdade. (ARAÚJO, 2011, p.39).

Com relação às metodologias ativas, (MORAN, 2015, p. 18) aponta que “quanto mais aprendamos próximos da vida, melhor. As metodologias ativas são pontos de partida para avançar para processos mais avançados de reflexão, de integração cognitiva, de generalização, de reelaboração de novas práticas”. Sobre a utilização de jogos como ferramenta educacional, ele opina que os mesmos estão cada vez estão mais presentes no cotidiano escolar, e para essas gerações acostumadas a jogar, a linguagem de desafios, de competição e cooperação é um atrativo que fica fácil de ser perceptível. Os jogos, de qualquer tipo que seja, com etapas e habilidades bem

definidas se tornam cada vez mais presentes nas diversas áreas de conhecimento e níveis de ensino.

Assim, percebe-se que diferente do modelo tradicional, as metodologias ativas se caracterizam pela centralização do conhecimento no aluno que aprende a aprender, através da mediação e se torna assim o sujeito atuante do seu próprio aprendizado. Estas metodologias têm em comum, conceitos cognitivos e construtivistas que defendem que um dos principais fatores que levam ao desenvolvimento da aprendizagem do aluno é o desafio pela resolução de problemas. Trabalhos de Piaget (1940) e Vygotsky (1932) deram importantes contribuições para a compreensão desses fatores.

Diante de tais mudanças ocorridas no modelo de ensino educacional desde a sua implantação, bem como a divisão deste em modalidades, surgem algumas indagações: Como esse ensino de química está sendo promovido para essas modalidades? O aluno está sendo preparado ser um sujeito ativo? Esses diferentes modos de ensino influenciam na formação desses alunos? Qual o que possibilita um melhor aprendizado da química para o aluno? Entre outras questões de grande influência no processo de ensino-aprendizagem principalmente na área das ciências exatas.

Visto isso, fica notório que tais métodos de ensino têm o potencial de despertar nos alunos um olhar mais investigativo, criativo, crítico e ativo, promovendo dessa forma a autonomia do aluno na realização de problemas, além de também buscar atraí-lo para que o mesmo tenha mais prazer em aprender. Dado o exposto, este projeto teve como intuito trabalhar a participação ativa desses alunos no processo de ensino-aprendizagem com a elaboração de uma aula metodologicamente ativa, de formas diferenciadas, fugindo cada vez mais do modelo tradicional de ensino. Para isso, foi feito o uso da metodologia ativa POGIL e de um jogo nomeado como baralho das ligações químicas a fim de avaliar o quanto esse aluno está realmente prepara para ser um sujeito atuante e ativo neste processo de ensino.

Por conseguinte, objetivou-se ministrar o conteúdo de ligações químicas em turmas de 9º ano de algumas escolas de modalidades de ensino diferentes da região e comparar como o conteúdo foi assimilado pelos mesmos, a fim de identificar se os alunos estão preparados para serem ativos no processo de ensino-aprendizagem, examinando as particularidades e semelhanças entre as modalidades estudadas e verificar a aceitação de uma metodologia diferenciada por parte dos discentes. Com isso, pretende-se averiguar a influência de jogos educacionais e do POGIL no aprendizado do aluno e diagnosticar os possíveis fatores que influenciam no processo de aprendizagem.

Os alunos dessas instituições provavelmente já devem estar acostumados com o modelo tradicional de ensino, já que desde cedo este modelo lhes é apresentado. Neste sentido, busca-se apresentar uma nova metodologia de ensino e analisar o quanto este aluno está sendo preparado para ser atuante na sociedade, como um cidadão crítico e pensante.

METODOLOGIA

Este trabalho tencionou apresentar uma proposta de uma aula aplicada em algumas turmas de escolas diferentes a fim de avaliar o quanto os alunos dessas instituições estão preparados para buscar o próprio conhecimento por meio de metodologias ativas. A pesquisa pode ser considerada de natureza exploratória, do campo explicativo. Quanto ao procedimento, o referido foi feito através de um levantamento em fontes secundárias (MATTAR, 1996), no qual se observou a dinâmica e o comportamento desses discentes com relação à nova metodologia aplicada e diagnosticou o nível de aceitação dos mesmos usando levantamentos de dados bibliográficos e estatísticos da pesquisa realizada.

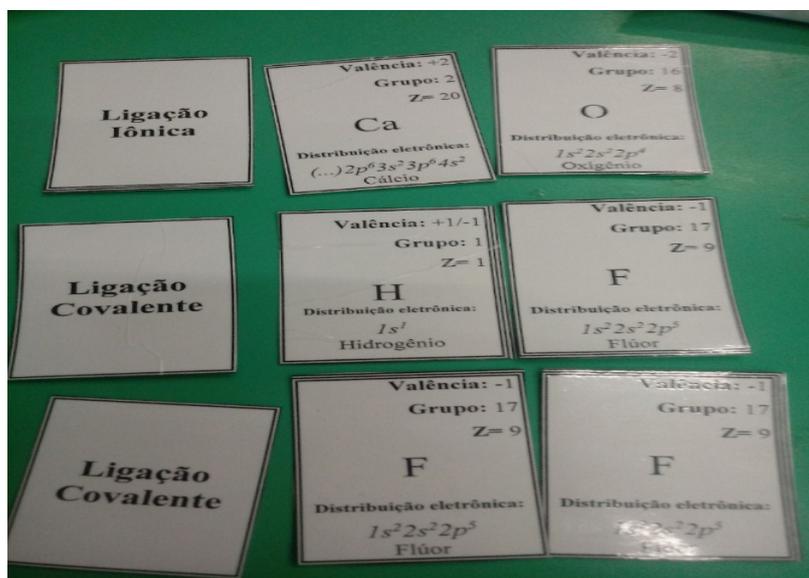
No que diz respeito à aplicação do projeto, ele foi trabalhado em quatro escolas diferentes da região, no qual cada uma tinha um modelo de ensino diferente nas turmas de nono ano (Ensino Fundamental Público, Educação de Jovens e Adultos - Fundamental, Ensino Fundamental Particular e Curso de Química promovido pelo Núcleo Municipal de Estudos das Ciências). Por comodidade, a partir desse momento utilizaremos as siglas: EF (para ensino fundamental público); EFP (para ensino fundamental particular); EF-EJA (para ensino fundamental modalidade EJA) e EF-N (para ensino fundamental do curso de química do NUMEC).

A escolha das escolas aconteceu segundo o método não-probabilístico de amostragem de conveniência (BITTENCOURT, 2008). As aulas em todas as turmas aconteceram com uma mesma sequência: primeiramente teve início com a apresentação e aplicação de um POGIL (*Process Oriented Guided Inquiry Learning*) sobre ligações químicas. O POGIL é uma metodologia ativa de ensino no qual a formação do conhecimento é feita pelo próprio aluno, através de atividades bem elaboradas sobre determinado conteúdo, que envolvem questões de análise crítica e neste os conceitos não são transmitidos do professor para o aluno e sim construídos de forma colaborativa entre ambos. (BARBOSA et al. 2015).

Por seguinte, após a abordagem do conteúdo foi comentado sobre as questões do POGIL, no qual cada grupo apresentou quais foram suas respostas, indo à frente socializando sua opinião para os demais grupos. Foram feitas algumas intervenções apenas nos momentos em que houve discordâncias e quando as respostas dos grupos estavam incorretas. De modo paralelo, ao serem respondidas as questões referentes ao POGIL, foi feita uma abordagem teórica sobre o conteúdo trabalhado e logo após a finalização das perguntas, os grupos se reuniram novamente para jogar um jogo de cartas sobre o assunto.

O jogo nomeado como baralho das ligações químicas consiste em formar pares com dois elementos químicos e o tipo de ligação formada entre eles, sendo que quem formar dois pares (no caso quatro combinações) de cada tipo de ligação primeiro

ganha a rodada. Cada baralho em si tem 180 cartas, sendo que é possível formar inúmeras possibilidades de ligações tanto iônicas quanto covalente. Antes de iniciar, foi explicado como funciona o jogo, apesar de o mesmo ter uma única e principal regra: juntar duas cartas que formam o tipo de ligação sugerido.



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

No final da aula, aplicou-se um questionário diagnóstico com questões sobre o conteúdo e metodologia trabalhada para avaliar o que os alunos realmente aprenderam e a aceitação dos mesmos quanto à metodologia aplicada. O questionário conteve quatro questões relacionada à temática, e as perguntas tinham uma escala de 1 a 5, sendo **1 = Ruim**, **2 = Regular**, **3 = Bom**, **4 = Ótimo** e **5 = Excelente**. O referido serviu para confrontarmos o resultado de cada escola, fazendo o comparativo das respostas de cada turma entre as instituições distintas com o método de estatística descritiva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a metodologia ativa empregada observou-se a interação dos alunos em grupo e que a mesma promoveu debates internos com relação à resolução das questões. Grande maioria dos grupos acertou todas as questões, mostrando que eles entenderam os conceitos trabalhados, uma vez que era necessário o entendimento destes para chegar a uma resposta correta. Alguns grupos erraram uma ou duas questões pela falta de leitura e interpretação do que estava sendo pedido.

Sobre esse aspecto de interpretação, foi mais nítido de ser observado no EF. No EFP, todas as equipes acertaram as questões do POGIL, e foi a turma que resolveu o mesmo em menos tempo. No EF-N os alunos também foram rápidos na resolução, apesar de terem confundido em algumas respostas a diferença entre as ligações

iônicas e covalentes, enquanto os do EF-EJA e os do EF responderam um pouco mais devagar.

O jogo se configurou também como uma ferramenta importante e ativa que nesse caso serviu tanto para os alunos pôr em prática o que aprenderam resolvendo o POGIL quanto como uma ferramenta de avaliação e revisão, como um próprio aluno apontou. Como as regras eram simples e claras, os estudantes não encontraram dificuldades em jogar, percebeu-se a interação e o trabalho em equipe entre eles. Pela maioria dos alunos, o jogo foi bastante interessante e eficiente em todas as escolas que foi aplicado.

De acordo com a opinião de alguns, um aluno A falou que “*gostei muito do jogo, pois foi como uma revisão*”. Já para outro, o aluno B, ele não gostou do jogo porque segundo ele “*poderiam melhorar o jogo, tá muito fácil*”. Porém, um terceiro aluno, C, que é da mesma escola que o B, opina que o grupo dele não gostou do jogo justamente pelo contrário “*não gostamos do jogo, pois não sabíamos jogar*”. Este último, provavelmente não prestou atenção na explicação das regras do jogo, uma vez que não sabia da única e principal regra, e por isso não soube jogar.

Os dados obtidos por meio do questionário foram tratados por meio do programa *BioEstat 5.3*[®] e os resultados como mediana, moda e média foram dispostos na tabela 1 a 4 de acordo com a ordem crescente do somatório, usando para analisar o coeficiente de variância (CV) o princípio de classificação segundo Pimentel Gomes (1985), que apesar de baseado em ensaios agrícolas é amplamente utilizado em outras áreas, no qual segundo ele o CV: (menor ou igual a 10% - baixo - baixa dispersão dos dados), (entre 10% e 20% - médio - média dispersão dos dados), (entre 20% e 30% - alto - alta dispersão dos dados) e (maior do que 30% - muito alto - dispersão dos dados muito alta).

Para isso, fez-se o uso do método de estatística descritiva, que segundo Bittencourt (p. 25, 2008) “O objetivo da estatística descritiva é resumir as principais características de um conjunto de dados [...]. A análise estatística deve ser extremamente cuidadosa ao escolher a forma adequada de resumir os dados”. Cada tabela a seguir corresponde ao resumo dos dados de cada modalidade de ensino diferente.

	Perguntas*	Ordem	Respostas - Dados Estatísticos					
			Mediana	Moda	Média	DP (+)	CV (%)	Somatório
ANO 2018	P2	4°	3,0	5,0	3,6	1,2	36,0	54
	P3	3°	4,0	4,5**	4,0	1,0	25,4	61
	P1	2°	4,0	4,0	4,4	0,5	11,5	66
	P4	1°	5,0	5,0	4,8	0,3	7,3	73

Tabela 1. Análises estatísticas descritivas, referentes ao Questionário de avaliação da aula aplicada com 15 alunos na turma do nono ano do curso de química do NUMEC.

* “P1. A utilização do jogo Baralho das Ligações Químicas. P2. O uso da metodologia ativa POGIL. P3. Aprendizado adquirido. P4. Aula de forma geral.”

** Bimodal: 4,0 e 5,0.

Através da Tabela 1, verifica-se que os discentes da escola em questão consideraram, de forma geral, a metodologia ativa, o jogo e a aula com um todo de boa qualidade, uma vez que as medianas continuaram representadas majoritariamente por nota 4 e a moda apontou que a nota 5 foi a mais frequente. Em relação às respostas resumidas na Tabela 1, os alunos apontaram a aula de forma geral é interessante, e que eles gostaram, visto que os valores das medidas de tendência central apresentaram notas entre bom e excelente.

Os resultados foram todos similares, com exceção da Questão “P2. O uso da metodologia ativa POGIL”, a qual sofreu variação apresentando mediana menor que as demais. Apesar disso, com relação ao CV pode-se observar que também a P2 tem menor nível de confiabilidade, devido apresentar um valor muito alto.

	Perguntas*	Ordem	Respostas - Dados Estatísticos					
			Mediana	Moda	Média	DP (+)	CV (%)	Somatório
ANO 2018	P2	4°	3,0	3,0	3,2	0,9	28,4	112
	P3	3°	4,0	4,0	3,6	1,0	27,7	124
	P1	2°	4,0	3,5**	3,7	0,8	23,6	128
	P4	1°	4,0	5,0	4,1	1,0	25,3	142

tabela 2. Análises estatísticas descritivas, referentes ao Questionário de avaliação da aula aplicada com 34 alunos na turma do nono ano do Ensino Fundamental Público.

* “P1. A utilização do jogo Baralho das Ligações Químicas. P2. O uso da metodologia ativa POGIL. P3. Aprendizado adquirido. P4. Aula de forma geral.”

** Bimodal: 3,0 e 4,0.

Através da Tabela 2, verifica-se que os discentes da escola em questão consideraram, de forma geral, a metodologia ativa, o jogo e a aula com um todo boa, uma vez que as medianas assim como no NUMEC continuaram representadas majoritariamente por nota 4. Em relação às respostas resumidas na Tabela 2, nota-se que os alunos gostaram da aula de forma geral, já que os valores das medidas de tendência central apresentaram notas entre bom e excelente.

Os resultados foram todos similares, com exceção novamente da Questão “P2. O uso da metodologia ativa POGIL”, a qual sofreu variação apresentando mediana e também a moda menor que as demais. Diante desse dado, podemos inferir que no EF, assim como no NUMEC, que os alunos não estão familiarizados com a metodologia, e por isso a mesma não se apresentou muito atrativa para eles dificultando assim a aplicação do método. Ainda, com relação ao CV pode-se observar que todas as perguntas tem um confiabilidade questionável, devido apresentarem valores relativamente altos.

	Perguntas*	Ordem	Respostas - Dados Estatísticos					
			Me-dia-na	Moda	Mé-dia	DP (+)	CV (%)	Somatório
ANO	P2	4°	3,0	3,5**	3,4	0,9	28,9	51
2018	P1	3°	4,0	5,0	3,8	0,9	23,6	58
	P3	2°	4,0	4,0	3,9	0,7	17,8	59
	P4	1°	5,0	5,0	4,3	0,8	20,7	65

tabela 3. Análises estatísticas descritivas, referentes ao Questionário de avaliação da aula aplicada com 15 alunos na turma do nono ano do Ensino Fundamental EJA.

* “**P1.** A utilização do jogo *Baralho das Ligações Químicas*. **P2.** O uso da metodologia ativa POGIL. **P3.** Aprendizado adquirido. **P4.** Aula de forma geral.”

** Bimodal: 3,0 e 4,0.

Através da Tabela 3, verifica-se que os discentes da escola em questão considerou, de forma geral, a metodologia ativa, o jogo e a aula com um todo de boa qualidade, uma vez que as medianas foram representadas majoritariamente por nota 4 e a moda apontou a nota 5 como a mais frequente. Em relação às respostas resumidas na Tabela, nota-se que a metodologia empregada foi proveitosa, já que os valores das medidas de tendência central apresentaram notas entre bom e excelente.

Os resultados foram todos similares, com exceção novamente da Questão “*P2. O uso da metodologia ativa POGIL*”, a qual sofreu variação apresentando mediana e também a moda menor que as demais. Ainda, com relação ao CV pode-se observar que todas as perguntas tem um confiabilidade menos questionável, devido apresentarem valores entre médio e auto.

	Perguntas*	Ordem	Respostas - Dados Estatísticos					
			Mediana	Moda	Média	DP (+)	CV (%)	Somatório
ANO 2018	P3	4º	4,5	5,0	4,4	0,6	15,1	53
	P1	3º	5,0	5,0	4,6	0,8	19,0	56
	P2	2º	5,0	5,0	4,7	0,6	13,0	57
	P4	1º	5,0	5,0	5,0	-	-	60

*tabela 4. Análises estatísticas descritivas, referentes ao Questionário de avaliação da aula aplicada com 12 alunos na turma do nono ano do Ensino Fundamental Particular.

“P1. A utilização do jogo *Baralho das Ligações Químicas*. P2. O uso da metodologia ativa POGIL. P3. Aprendizado adquirido. P4. Aula de forma geral”.

Através da Tabela 4, verifica-se que os discentes da escola em questão consideraram, de forma geral, a metodologia ativa, o jogo e a aula com um todo de excelente qualidade, uma vez que as medianas foram representadas majoritariamente por nota 5 e a moda também apontou a nota 5 como a mais frequente. Em relação às respostas resumidas na Tabela, nota-se que a metodologia empregada foi eficiente, destacando-se e diferenciando das demais escolas, já que os valores das medidas de tendência central apresentaram notas excelentes.

Os resultados foram todos similares, apesar de se observar que a “P4. Aula de forma geral” não apresentou variabilidade, o que torna os dados seguramente precisos e que houve uma leve discrepância na Questão “P3. Aprendizado adquirido”, a qual sofreu uma pequena variação apresentando mediana um pouco menor que as demais. Diante desse dado, podemos inferir que no EFP, os alunos certamente aprovaram a metodologia empregada, comprovando sua eficácia e demonstrando a preocupação da escola em preparar alunos que sejam mais ativos. Com relação ao CV pode-se observar que todas as perguntas têm um bom nível de confiabilidade, devido apresentar valores relativamente baixos, o que comprova os fatos.

Dado exposto, verificou-se que a aula metodologicamente ativa, de modo geral, é atrativa e interessante do ponto de vista dos alunos, e que eles aceitam sem nenhum problema e que o aprendizado adquirido é satisfatório. Com relação a utilização de jogos, viu-se que é uma ferramenta bastante eficaz para ser usada no ensino, e que gera bons resultados. Já acerca do POGIL, este teve algumas variações de aceitabilidade se comparado entre os tipos de ensino estudado. O método não foi bem aceito no EF, no EF-N e nem no EF-EJA onde ficou em última colocação nessas modalidades, enquanto no EFP a aceitação foi diferente, ficando em segunda posição, mostrando sua eficácia nessa modalidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao término deste trabalho, observou-se que os métodos de ensino vigente em muitas escolas encontra-se relacionado às características do ensino tradicional, na qual o professor é agente mediador do conhecimento e aluno passivo durante todo o processo de aprendizagem, formando alunos despreparados para atuar ativamente na sociedade como cidadão questionadores ou motivados na busca de novos conhecimentos. Os discentes acostumados com as aulas tradicionais quando expostos a novas metodologias encontram-se desmotivados na realização, pois consideram de difícil compreensão, no entanto, as metodologias mostra-se métodos eficazes no processo de aprendizagem quando estimulados e acompanhados por um docente orientador.

Durante a vivência do trabalho também ficou evidente que as diferenças existentes entre as modalidades de ensino estudadas tinha relação direta com a aceitação da metodologia ativa. Alunos como os da escola particular já são mais preparados a trabalhar de forma ativa e autônoma, por exemplo, enquanto os de escola pública estão mais familiarizados com o modelo tradicional. Essa diferença entre as modalidades se dá por diversos fatores, entre eles, a metodologia de ensino do professor, a visão pedagógica da escola e também o ambiente no qual o aluno está inserido.

As metodologias ativas ainda estão buscando ganhar espaço no ambiente educacional, mas diagnosticou-se que a utilização de metodologias diferenciadas no ensino de química possibilitou uma melhor assimilação dos conteúdos e o maior envolvimento dos discentes na resolução de questões proposta, possibilitando debates e incentivando o raciocínio. A utilização da metodologia POGIL e o jogo como ferramenta didática mostrou-se de suma relevância para compreensão do conteúdo e na aprendizagem significativa dos discentes em relação a assuntos abstratos de química. Talvez essa seria uma das soluções para melhorar o ensino das ciências no Brasil.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Lucicleide de. **Didática Transdisciplinar: Um pensar complexo sobre prática docente**. Brasília, Ex Libris, 2011.

ARAÚJO, Ulisses F. **A quarta revolução educacional: a mudança de tempos, espaços e relações na escola a partir do uso de tecnologias e da inclusão social**. ETD: educação temática digital, Campinas, v. 12, 2011. Número especial. Disponível em: <<http://www.fae.unicamp.br/revista/index.php/etd/article/view/2279>>. Acesso em: 28 de mai. 2018.

BARBOSA, E.F; MOURA, D.G. **Metodologias ativas de aprendizagem na educação profissional e tecnológica**. B. Tec. Senac, Rio de Janeiro, v. 39, n.2, p.48-67, 2013. Disponível em http://www.senac.br/media/42471/os_boletim_web_4.pdf. Acessado em Jun. 2018.

BARBOSA; et al. **O uso do ppgil no ensino de licenciatura em química – avaliação dos estudantes**. II CONEDU. Disponível em: < http://www.editorarealize.com.br/revistas/conedu/trabalhos/TRABALHO_EV045_MD1_SA4_ID7792_08092015154402.pdf>. Acesso em: 25 de jun. 2018.

BITTENCOURT, G. P. R. **Métodos quantitativos estatísticos**. Curitiba: IESDE Brasil S.A., 2008.

BORGES; T. S.; ALENCAR; G.; **Metodologias ativas na promoção da formação crítica do estudante: o uso das metodologias ativas como recurso didático na formação crítica do estudante do ensino superior**. Cairu em Revista. Nº 04, p.1, 19-143, 2014.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.

DEWEY, J. **Vida e Educação**. São Paulo: Nacional. 1959.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia**. 36. ed, São Paulo: Paz e Terra, 2009.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de marketing**. São Paulo: Atlas, 1996. (Edição Compacta).

MORAN; J. M. **Mudando a educação com metodologias ativas**. Coleção mídias coletâneas. 2015. Disponível em: <http://www2.eca.usp.br/moran/wp-content/uploads/2013/12/mudando_moran.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2018.

PIAGET, J., **O pensamento e a linguagem na criança**. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: ESALQ, 2009.

REVISTA EXAME. **abismo entre escolas públicas e privadas**. Disponível em: < <https://exame.abril.com.br/brasil/o-abismo-entre-escolas-publicas-e-privadas/>>. Acesso em: 27 de jun. 2018.

ROCHA FILHO, J. B., BASSO, N. R., BORGES, R. M. **Transdisciplinaridade: a natureza íntima da Educação Científica**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.

ROGERS, C. **Liberdade para Aprender**. Belo Horizonte: Ed. Interlivros, 1973.

SANTOMÉ, J. T., **Globalização e interdisciplinaridade: o currículo integrado**. Porto Alegre: ATMED, 1998.

SANTOS, W. S. **Organização Curricular Baseada em Competência na Educação Médica**. *Revista Brasileira de Educação Médica*. Rio de Janeiro, v. 35, n. 1, p. 86-92, jan./mar. 2011.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1984.

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DE FOLHAS DE GOIABEIRAS: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Luiza Alves Mendes

Universidade Federal do Espírito Santo/Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Alto Universitário, s/nº, Guararema, Alegre - ES, Brasil, CEP: 29500-000, CP: 16

Amélia Carlos Tuler

Escola Nacional de Botânica Tropical, Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rua Pacheco Leão, 2040, 22460-030, Horto, Rio de Janeiro, Brasil

Carolina de Oliveira Bernardes

Universidade Federal do Espírito Santo/Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Alto Universitário, s/nº, Guararema, Alegre - ES, Brasil, CEP: 29500-000, CP: 16

Drielli Canal

Universidade Federal do Espírito Santo/Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Alto Universitário, s/nº, Guararema, Alegre - ES, Brasil, CEP: 29500-000, CP: 16

Marianna Junger de Oliveira Garozi

Universidade Federal do Espírito Santo/Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Alto Universitário, s/nº, Guararema, Alegre - ES, Brasil, CEP: 29500-000, CP: 16

José Henrique Soler Guilhen

Universidade Federal do Espírito Santo/Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Alto Universitário, s/nº, Guararema, Alegre - ES, Brasil, CEP: 29500-000, CP: 16

Lidiane Gomes dos Santos

Universidade Federal do Espírito Santo/Centro de

Ciências Agrárias e Engenharias, Alto Universitário, s/nº, Guararema, Alegre - ES, Brasil, CEP: 29500-000, CP: 16

RESUMO: Os óleos essenciais das folhas da goiabeira (*Psidium guajava* L., *Myrtaceae*) apresentam variação intraespecífica na composição química. Para verificar a variabilidade de compostos presentes em folhas de *Psidium guajava* coletada em diferentes localidades e ambientes nós avaliamos 13 artigos científicos que determinaram os principais compostos presentes em óleos essenciais dessa espécie. Variações quali e quantitativas nos óleos essenciais foram observadas ao comparar os artigos. De forma geral, os genótipos apresentaram predominância de compostos de natureza terpênica, porém não há um consenso quanto à majoritariedade de mono ou sesquiterpenos. Esses resultados não podem ser atribuídos a um fator, mas a uma rede complexa de fatores e/ou condições ambientais. Sendo assim, pode-se concluir que ocorrem variações nos compostos químicos e deve-se direcionar o uso dos óleos de acordo com as maiores concentrações dos princípios ativos.

PALAVRAS-CHAVE: Myrtaceae, óleos voláteis, compostos químicos, terpenos.

ABSTRACT: Essential oils from guava leaves

(*Psidium guajava* L., *Myrtaceae*) show intraspecific variation in chemical composition. To verify the variability of compounds present in leaves of *Psidium guajava* collected in different localities and environments we evaluated 13 scientific articles that determined the main compounds present in essential oils of this species. Qualitative and quantitative variations in essential oils were observed when comparing the articles. In general, the genotypes showed a predominance of terpene compounds, but there is no consensus regarding the majority of monoterpenes or sesquiterpenes. These results can not be attributed to a factor, but to a complex network of environmental factors and / or conditions. Thus, it can be concluded that variations occur in the chemical compounds and the use of the oils should be directed according to the highest concentrations of the active principles.

KEYWORDS: Myrtaceae, volatile oils, chemical compounds, terpenes.

1 | INTRODUÇÃO

A goiabeira (*Psidium guajava* L.) pertence à família Myrtaceae, que se destaca pela riqueza de espécies em grande parte das formações vegetais do Brasil (MORAIS; CONCEIÇÃO; NASCIMENTO, 2014). Myrtaceae compreende cerca de 132 gêneros e 5671 espécies (GOVAERTS et al., 2008) que se distribuem predominantemente nas regiões tropicais e subtropicais do mundo (THORNHILL et al., 2015). Atualmente o Brasil é um dos três maiores produtores mundiais de goiaba (BATISTA et al., 2015). Além do grande valor nutritivo do fruto, *P. guajava* pode ser considerada um eficiente agente terapêutico. Desde 1986, essa espécie está incluída na Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse do Sistema Único de Saúde (RENISUS), o que confirma a potencialidade da espécie como planta medicinal devido à sua comprovação fitoterápica (AMARAL et al., 2006; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2009). O efeito medicinal da *P. guajava* vem sendo atribuído aos compostos biologicamente ativos presentes na planta. Destaque é dado ao óleo essencial, por ser alvo deste estudo, possuir importância ambiental, auxiliando na proteção das plantas (MOORE et al., 2013) e despertar interesse em estudar os seus compostos químicos, responsáveis pelas ações biológicas e fitoterápicas (BARDAWEEL et al., 2015; NAPOLI et al., 2015). Os óleos essenciais são misturas complexas de substâncias voláteis, lipofílicas, geralmente odoríferas e líquidas, constituídos majoritariamente por compostos de natureza terpênica (FRANZ, 2010). Considerando a importância dos óleos essenciais devido a grande aplicabilidade que possui, é imprescindível conhecer os compostos químicos presentes nos mesmos, já que eles são os principais responsáveis pelas propriedades fitoterápicas e biológicas apresentadas pelos óleos essenciais. Considerando a existência de variabilidade quimiotípica dos óleos essenciais em genótipos distintos de *P. guajava*, bem como a alta quantidade de mono (10 carbonos) e sesquiterpenos (15 carbonos) nos óleos extraídos de folhas dessa espécie (MENDES et al., 2017; SOUZA et al., 2017), objetivou-se com este trabalho fazer um levantamento de estudos

disponíveis que mostrem a variabilidade química dos compostos presente nos óleos essenciais de folhas de goiabeiras em diferentes locais de coleta.

2 | METODOLOGIA

O levantamento bibliográfico foi realizado por meio de consulta em bases de dados indexadas de relevância para a produção do conhecimento no Brasil e no mundo: SciELO – Scientific Electronic Librari Online, Periódicos CAPES e NCBI - National Center for Biotechnology Information. A busca na base de dados foi realizada durante os meses de outubro e dezembro de 2016. O tema principal da pesquisa foi “composição química dos óleos essenciais das folhas da espécie *Psidium guajava*”. As palavras-chave empregadas foram: óleos essenciais, voláteis, *Psidium guajava*, terpenos, compostos químicos, nos idiomas português e inglês. A seleção de artigos foi feita inicialmente a partir dos resumos e, posteriormente, os documentos completos foram analisados. Os critérios de relevância dos trabalhos que foram utilizados na seleção do estudo basearam-se em alguns aspectos qualitativos, como: periódicos com indexações e conceitos Qualis emitido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, publicações que retratavam o assunto em questão como tema principal, sendo priorizadas as publicações mais recentes sobre o tema proposto.

3 | RESULTADOS

Foram selecionados 13 artigos científicos. Para analisar o perfil químico dos óleos essenciais das folhas de *Psidium guajava*, foram considerados apenas os compostos presentes em concentração maior ou igual a 10%. O perfil do óleo essencial de *P. guajava* obtidos em El-Behera Governorate (Egito) mostrou ser formado principalmente por limonene (54,70%) e 1,8-cineole (32,14%) (SOLIMAN et al., 2016). Com o óleo obtido em Fortaleza (Ceará), os compostos encontrados foram: 1,8-cineole (48,8%) e β -caryophyllene (25,6%) (LIMA et al., 2011). Já o óleo essencial das goiabeiras plantadas em Macas (Equador), apresentaram limonene (33,3%) e α -pinene (29,5%) (SACCHETTI et al., 2005). Os óleos essenciais obtidos em Belém eram formados majoritariamente por α -pinene (23,9%) e 1,8-cineole (21,4%) (SILVA et al., 2003). O óleo essencial de *P. guajava*, obtido através das folhas coletadas em pomar de Chenchou (sul da Tunísia), mostrou a presença majoritária apenas de veridiflorol (36,4%) (KHADHRI et al., 2014). Um perfil diferente foi apresentado em óleos essenciais da mesma espécie, sendo: β -caryophyllene (18,81%), copaene (11,8%) e alloaromadendrene (10,27%), não sendo apresentado a região de coleta das folhas para obtenção dos óleos (KAMRAN et al., 2012). O óleo essencial de *P. guajava*, obtido no Ceará, apresentou o seguinte perfil: epiglobulol (19,20%), 1,8-cineole (13,31%), isoaromadendrene oxide (11,13%) e caryophyllene oxide (10,21%) (PINHO et al., 2014). Já o óleo essencial

obtido em pomar do Rio de Janeiro apresentou: β -caryophyllene (12,0%), α -humulene (15,0%), β -selinene (11,0%) e α -selinene (10,0%) (SIANI et al., 2013). O trabalho apresentado por Lima et al. (2009) revelou um perfil com apenas caryophyllene oxide (13,8%) majoritário. Já os óleos provenientes de Kathmandu (Nepal) apresentaram (E)-nerolidol (35,59%) e β -caryophyllene (15,80%) (SATYAL, 2015). Lima et al. (2010) estudaram os óleos essenciais de 3 cultivares de *P. guajava*, com folhas obtidas em Lavras (MG), sendo encontrados os seguintes compostos em maiores concentrações: em Paluma foram observados 1,8-cineole (42,68%) e α -terpineol (38,68%); em Pedro Sato havia seli-11-en-4- α -ol (21,46%) e 1,8-cineole (17,68%); em Século XXI havia seli-11-en-4- α -ol (20,98%), 1,8-cineole (18,83%) e β -caryophyllene (12,08%). Souza et al. (2017) estudaram óleos essenciais de 22 genótipos de *P. guajava* (Paluma, Pedro Sato, Século XXI, Roxa, Petri, Cortibel 3, Cortibel 5, Cortibel 7, Cortibel 9, Cortibel 10, Cortibel 11, Cortibel 12, Cortibel 13, Cortibel 16, Cortibel 17, Cortibel Branca LG, Cortibel Branca RM, Cortibel LG, Cortibel LM, Cortibel RG, Cortibel RM e Cortibel SLG) em duas localidades (Linhares e Mimoso do Sul-ES) e observou grande variabilidade quali e quantitativa entre os teores encontrados. Porém, todos os genótipos apresentaram mais de 70% de sesquiterpenos, com destaque para β -caryophyllene, α -humulene e β -bisabolol, que estavam presentes, de forma geral, em grandes quantidades tanto para Linhares quanto para Mimoso do Sul. Mendes et al. (2017) avaliaram os óleos essenciais de 21 genótipos de *P. guajava* no município de Alegre (ES), utilizando os mesmos genótipos que Souza et al. (2017), à exceção da Roxa. Foi possível observar um perfil constituído majoritariamente por sesquiterpenos como o β -caryophyllene, caryophyllene oxide e β -bisabolol.

4 | DISCUSSÃO

O conhecimento da variabilidade quimiotípica dos óleos essenciais é importante para observar as variações nas composições e fazer o direcionamento do seu uso. Em trabalhos com *Psidium guajava* L. foram relatadas variações quali e quantitativa entre os compostos presentes nos óleos essenciais das folhas. Porém, apesar dessa diversidade de compostos na espécie, todos os genótipos dos 13 artigos encontrados, apresentaram majoritariamente terpenos. Os diferentes perfis cromatográficos dos óleos essenciais das folhas de *P. guajava*, mostraram que não há um consenso quanto a majoritariedade dos compostos quanto a classificação de mono ou sesquiterpenos. Isso pode ser justificado pelo fato de que o teor e a composição química dos óleos essenciais são determinados por caracteres genéticos, mas diferentes fatores podem acarretar alterações significativas na produção dos metabólitos secundários (MORAIS; CASTANHA, 2012). Dentre os quais, destacam-se: idade e estágio de desenvolvimento da cultivar, disponibilidade de nutrientes no solo, fatores abióticos, bem como técnicas de colheita considerando época e horário de coleta (MORAIS, 2009). Considerando

todas essas causas de variações nos óleos essenciais de *P. guajava*, é possível encontrar diferentes perfis cromatográficos para essa espécie. Há estudos que mostram a presença predominante de sesquiterpenos (KAMRAN et al., 2012; KHADHRI et al., 2014; LIMA et al., 2009; MENDES et al., 2017; PINHO et al., 2014; SATYAL et al., 2015; SIANI et al., 2013; SOUZA et al., 2017). Por outro lado, é possível perceber vários trabalhos mostrando a presença majoritária de monoterpenos em óleos essenciais extraídos de folhas de goiabeiras (LIMA et al., 2011; SACCHETTI et al., 2005; SILVA et al., 2003; SOLIMAN et al., 2016). Assim, para a obtenção de óleos essenciais de composição constante, eles devem ser extraídos de plantas sob as mesmas condições, do mesmo órgão, que cresceram sob mesmo solo, clima e que tenham sido coletados na mesma época do ano (BAKKALI et al., 2007; CERIMELE; RINGUELET, 2008). Isso pode ser explicado pelas influências ambientais, que podem redirecionar a via metabólica, ocasionando a biossíntese de diferentes compostos (MORAIS, 2009). Em estudos de campo de plantas perenes, que passam por ciclos anuais de produção de frutos, os efeitos da sazonalidade podem ser confundidos com alterações metabólicas do processo de desenvolvimento das plantas, como a floração e frutificação, devendo assim ser considerados em conjunto (LOPES; GOBBO-NETO, 2007; STEFANELLO et al., 2010). Dessa forma, nos períodos em que ocorre elevada atividade metabólica, como a floração e frutificação, a composição dos óleos pode variar significativamente em relação às outras fases (YAPI et al., 2014). Essas modificações metabólicas podem refletir tanto no rendimento das essências como na sua composição química (LOPES; GOBBO-NETO, 2007). Considerando que os metabólitos secundários atuam como compostos de defesa, dispersando insetos indesejáveis, além de serem atratores de polinizadores, devem ser produzidos em diferentes concentrações de acordo com a necessidade exigida pela planta (KNUDSEN et al., 2006; ZITO; DÖTTERL; SAJEVA, 2015). Os fatores abióticos como temperatura, luminosidade e pluviosidade também podem gerar variabilidade na composição dos óleos essenciais. Assim, os níveis de incidência de luz podem ter efeito nos compostos químicos presentes no óleo essencial (MEIRA; MARTINS; MANGANOTTI, 2012). A maior produção de metabólitos secundários sob altos níveis de radiação solar é explicada devido às reações biossintéticas serem dependentes de suprimentos de esqueletos carbônicos, realizados por processos fotossintéticos e de compostos energéticos que participam da regulação dessas reações (TAIZ; ZEIGER, 2009). Há estudo que mostra a baixa luminosidade associada à diminuição da produção de monoterpenos (LIMA; KAPLAN; CRUZ, 2003). O índice pluviométrico ideal para o desenvolvimento da planta e maior produção de metabólitos secundários varia entre espécies. O fator hídrico afeta significativamente o crescimento e desenvolvimento da planta como um todo. Tanto o estresse hídrico, gerado pela falta de água, quanto o excesso influenciam na fisiologia da planta, como abertura e fechamento de estômatos, a fotossíntese, o crescimento e a expansão foliar podem sofrer alterações, podendo gerar mudanças no metabolismo secundário (MORAIS, 2009). A influência da sazonalidade na composição química dos

óleos essenciais foi demonstrada em algumas espécies, como *Hyptis marrubioides* (BOTREL et al., 2010), que apresentou no verão maior rendimento de óleo e no inverno maior concentração relativa (%) dos componentes majoritários. Por outro lado, o óleo essencial de folhas de *Eucalyptus citriodora* coletadas no verão, apresentou rendimento menor que no outono (ANDRADE; GOMES, 2000). Outros trabalhos avaliando a influência da sazonalidade nas espécies *Myrcia salzmannii* (CERQUEIRA et al., 2009) e *Hyptis marrubioides* (BOTREL et al., 2010) mostraram variações semiquantitativas nas composições dos óleos. Nos estudos com óleos essenciais de *Mentha suaveolens* (EL-KASHOURY et al., 2012) e *Citrus aurantium* (ELLOUZE et al., 2012) verificou-se diferenças quali e semiquantitativas nas composições químicas, de acordo com a variação sazonal.

5 | CONCLUSÃO

A partir dos trabalhos avaliados, que mostraram as variações nas composições químicas dos óleos essenciais das folhas de *Psidium guajava*, é possível perceber que o local de coleta das amostras é um fator importante, visto que a qualidade e quantidade dos constituintes dos óleos essenciais podem não ser constantes em diferentes localidades. Assim, não podemos fazer generalizações quanto à presença majoritária de mono ou sesquiterpenos em óleos essenciais de goiabeiras. Entretanto, esses resultados não podem ser atribuídos a um fator, mas a uma rede complexa de fatores e/ou condições ambientais. Sendo assim, essas variações nas composições químicas dos óleos devem ser consideradas como algo positivo, visto que os óleos podem ser direcionados para muitas aplicações de acordo com as maiores concentrações dos princípios ativos.

REFERÊNCIAS

AMARAL, A. C. F. et al. **A Fitoterapia no SUS e o Programa de Pesquisas de Plantas Medicinais da Central de Medicamentos**. 2. ed. Brasília: Editora MS, 2006. 148 p.

ANDRADE, A. M. de.; GOMES, S. da S. **Influência de alguns fatores não genéticos sobre o teor de óleo essencial em folhas de *Eucalyptus citriodora* Hook**. *Floresta e Ambiente*, v. 7, n. 1, p. 181-189, 2000.

BAKKALI, F. et al. **Biological effects of essential oils-a review**. *Food and Chemical Toxicology*, v. 46, n. 2, p. 446-475, 2007.

BARDAWEEL, S. K. et al. **Studies on the in vitro antiproliferative, antimicrobial, antioxidant, and acetylcholinesterase inhibition activities associated with *Chrysanthemum coronarium* essential oil**. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, Jordan, v. 2015, n. 790838, p. 1-6, 2015.

BATISTA, P. F. et al. Quality of different tropical fruit cultivars produced in the Lower Basin of the São Francisco Valley. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 1, 2015.

- BOTREL, P. P. et al. Teor e composição química do óleo essencial de *Hyptis marrubioides* Epl., Lamiaceae em função da sazonalidade. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 3, 2010.
- CERIMELE, E.; RINGUELET, J. A. Aspectos agrônômicos da produção de espécies aromáticas. In: **Os recursos vegetais aromáticos no Brasil**. Vitória, ES: EDUFES, 2008.
- CERQUEIRA, M. D. de. et al. Variação sazonal da composição do óleo essencial de *Myrcia salzmannii* Berg. (Myrtaceae). **Química Nova**, Salvador, v. 32, n. 6, p. 1544-1548, 2009.
- EL-KASHOURY, E. A. et al. Chemical Composition and Biological Activities of the Essential Oil of *Mentha suaveolens* Ehrh. **Zeitschrift für Naturforschung**, v. 67, p. 571-579, 2012.
- ELLOUZE, I. et al. Season's Variation Impact on Citrus aurantium Leaves Essential Oil: Chemical Composition and Biological Activities. **Journal of Food Science**, v. 0, n. 0, p. 1-8, 2012.
- FRANZ, C. M. Essential oil research: past, present and future. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 25, p. 112-113, 2010.
- GOVAERTS, R. et al. World Checklist of selected plant families - Myrtaceae. The Board of Trustees of the Royal Botanic Gardens, Kew. 2008. Disponível em: <<http://apps.kew.org/wcsp/>>. Acesso em: 12 outubro 2015.
- KAMRAN, A. et al. Therapeutic Effects of Essential Oil from Waste Leaves of *Psidium guajava* L. against Cosmetic Embarrassment Using Phylogenetic Approach. **American Journal of Plant Sciences**, v. 3, p. 745-752, 2012.
- KHADHRI, A. et al. Chemical composition of essential oil of *Psidium guajava* L. growing in Tunisia. **Industrial Crops and Products**, v. 52, p. 29-31, 2014.
- KNUDSEN, J. T. et al. Diversity and Distribution of Floral Scent. **The Botanical Review**, v. 72, n. 1, p. 1-120, 2006.
- LIMA, H. R. P.; KAPLAN, M. A. C.; CRUZ, A. V. de M. Influência dos fatores abióticos na produção e variabilidade de terpenóides em plantas. **Floresta e Ambiente**, v. 10, n. 2, p. 71-77, 2003.
- LIMA, M. et al. Evaluation of larvicidal activity of the essential oils of plants species from Brazil against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 55, p. 11716-11720, 2011.
- LIMA, R. K. et al. Caracterização química do óleo essencial de folhas de goiabeira (*Psidium guajava* L.) e seus efeitos no comportamento da lagarta-do-cartucho do milho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, p. 1777-1781, 2009.
- LIMA, R. K. et al. Composition of the essential oil from the leaves of tree domestic varieties and one wild variety of the guava plant (*Psidium guajava* L., Myrtaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 1, 2010.
- LOPES, N. P.; GOBBO-NETO, L. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 374-381, 2007.
- MEIRA, M. R.; MARTINS, E. R.; MANGANOTTI, S. A. Crescimento, produção de fitomassa e teor de óleo essencial de melissa (*Melissa officinalis* L.) sob diferentes níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 14, n. 2, 2012.
- MENDES, L. A. et al. Larvicidal effect of essential oils from Brazilian cultivars of guava on *Aedes*

aegypti L.. **Industrial Crops and Products**, v. 108, p. 684-689, 2017.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao Sistema Único de Saúde (RENISUS). **Ministério da Saúde**, 2009. Disponível em: <<http://portalsaude.saude.gov.br/images/pdf/2014/maio/07/renisus.pdf>>. Acesso em: 16 fevereiro 2016.

MOORE, B. D. et al. Explaining intraspecific diversity in plant secondary metabolites in an ecological context. **New Phytologist**, v. 201, n. 3, p. 733-750, 2013.

MORAIS, L. A. S. de. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, Jaguariúna, v. 27, n. 2, p. 4050-4063, 2009.

MORAIS, L. A. S. de.; CASTANHA, R. F. Composição química do óleo essencial de manjeriço naturalmente submetido ao ataque de cochonilhas. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2, p. 2178-2182, 2012.

MORAIS, L. M. F.; CONCEIÇÃO, G. M. da.; NASCIMENTO, J. de M. Família Myrtaceae: Análise Morfológica e Distribuição geográfica de uma Coleção Botânica. **Agrarian Academy**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 1, n. 1, p. 317, 2014.

NAPOLI, E. M. et al. Wild Sicilian rosemary: phytochemical and morphological screening and antioxidant activity evaluation of extracts and essential oils. **Chemistry & Biodiversity**, Catania, v. 12, n. 7, p. 1075-1094, 2015.

SOLIMAN, F. M. et al. Comparative study of the volatile oil content and antimicrobial activity of *Psidium guajava* L. and *Psidium cattleianum* Sabine leaves. **Bulletin Facult Pharmacy**, Cairo Univ, p. 1-7, 2016.

PINHO, A. I. et al. Fumigant Activity of the *Psidium guajava* Var. *Pomifera* (Myrtaceae) Essential Oil in *Drosophila melanogaster* by Means of Oxidative Stress. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 2014, p. 1-8, 2014.

SACCHETTI, G. et al. Comparative evaluation of 11 essential oils of different origin as functional antioxidants, antiradicals and antimicrobials in foods. **Food Chemistry**, v. 91, p. 621-632, 2005.

SATYAL, P. et al. Leaf essential oil composition and bioactivity of *Psidium guajava* from Kathmandu, Nepal. **American Journal of Essential Oils and Natural Products**, v. 3, n. 2, p. 11-14, 2015.

SIANI, A. C. et al. Anti-inflammatory activity of essential oils from *Syzygium cumini* and *Psidium guajava*. **Pharmaceutical Biology**, Rio de Janeiro, v. 51, n. 7, p. 881-887, 2013.

SILVA, J. D. da. et al. Essential oils of the leaves and stems of four *Psidium* spp. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 18, p. 240-243, 2003.

SOUZA, T. da S. de. et al. Essential oil of *Psidium guajava*: Influence of genotypes and environment. **Scientia Horticulturae**, v. 216, p. 38-44, 2017.

STEFANELLO, M. E. A. et al. Composição e variação sazonal do óleo essencial de *Myrcia oblecta* (O. Berg) Kiaersk. var. *oblecta*, Myrtaceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 1, p. 82-86, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

THORNHILL, A. H. et al. Interpreting the modern distribution of Myrtaceae using a dated molecular phylogeny. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, Austrália, v. 93, p. 29-43, 2015.

ZITO, P.; DÖTTERL, S.; SAJEVA, M. Floral Volatiles in a Sapromyiophilous Plant and Their Importance in Attracting House Fly Pollinators. **Journal of Chemical Ecology**, v. 41, p. 340-349, 2015.

INFLUÊNCIA DO TEMPO DE CONTATO NA ADSORÇÃO DE NI(II) EM BIOCARVÕES ORIUNDOS DAS CASCAS DE EUCALIPTO E PALHA DE CAFÉ

Ruan de Oliveira Alves

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES),
Departamento de Química e Física
Alegre- Espírito Santo

D'ávila Leal Polastreli

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES),
Departamento de Química e Física
Alegre- Espírito Santo

Ueslei Giori Favero

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES),
Departamento de Química e Física
Alegre- Espírito Santo

Yago Ricardo de Oliveira

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES),
Departamento de Química e Física
Alegre- Espírito Santo

Tiago Guimarães

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES),
Departamento de Química e Física
Alegre- Espírito Santo

Lucas Destefani Paquini

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES),
Departamento de Química e Física
Alegre- Espírito Santo

Bruno Regis Lyrio Ferraz

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES),
Departamento de Biologia
Alegre- Espírito Santo

Renato Ribeiro Passos

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES),
Departamento de Agronomia

Alegre- Espírito Santo

Demetrius Profeti

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES),
Departamento de Química e Física
Alegre- Espírito Santo

Luciene Paula Roberto Profeti

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES),
Departamento de Química e Física
Alegre- Espírito Santo

RESUMO: Em busca de novos métodos para o tratamento de efluentes aquosos, o presente trabalho apresenta a aplicabilidade de adsorventes naturais originados de resíduos agrícolas, como cascas de eucalipto e palha de café, para a remoção de Ni^{2+} de soluções aquosas visando uma alternativa mais eficaz e de baixo custo. As biomassas foram submetidas ao processo de pirólise lenta até a temperatura de 600°C com tempo de permanência predeterminado e utilizadas como material adsorvente de íons Ni^{2+} . As soluções foram analisadas para determinação da concentração do metal em solução em função do tempo de contato. Os resultados obtidos mostram que ocorreu adsorção satisfatória promovida pelos dois materiais adsorventes, possibilitando uma comparação entre os materiais estudados. O biocarvão de casca de eucalipto mostrou maior eficiência para a adsorção do níquel (99,87%)

quando comparado ao biocarvão da palha de café (95,48%).

PALAVRAS-CHAVE: Adsorvente, Metais tóxicos, Adsorção, Biomassa

ABSTRACT: In the search for alternative methods of wastewater treatment, this work presents the applicability of natural adsorbents from agricultural residues, such as eucalyptus and coffee straw, for the removal of Ni²⁺ from aqueous solutions with high efficiency and low cost. The biomass were treated by slow pyrolysis process up 600 °C with predetermined residence time, and after used as adsorbent material of Ni²⁺ ions. The metal solutions were analyzed to determine the concentration as a function of the contact time. The results showed a satisfactory adsorption by the two adsorbent materials and allowed a comparison between them. The biochar from eucalyptus showed higher efficiency for the adsorption of nickel (99,87%) when compared to the biochar from coffee straw (95,48%).

KEYWORDS: Adsorbent, Toxic metals, Adsorption, Biomass

1 | INTRODUÇÃO

A poluição dos recursos hídricos é um dos mais sérios problemas da atualidade, devido às alterações causadas nas características das águas, as quais se tornam impróprias para o consumo. Atualmente, os estudos das possibilidades de tratamentos de águas contaminadas têm estado em evidência em diversas pesquisas. Os poluentes encontrados são majoritariamente originados de descartes industriais, esgotos domésticos e resíduos agrícolas, contendo matéria orgânica e metais tóxicos (FELLENBERG, 1980).

Os tratamentos biológicos existentes não são adequados para promover a descontaminação de efluentes contendo metais tóxicos, pois diferente do que ocorre com a matéria orgânica, os cátions desses metais, mesmo em baixas concentrações, se acumulam em níveis tróficos (POLPRASERT, et al., 2005). Devido ao grande risco de contaminação, os métodos mais utilizados para tratamento de efluentes industriais são processos físicos e/ou químicos, como oxidação, troca iônica, adsorção por carvão ativado, separação por membrana, processos biológicos, eletroquímicos, fotoquímicos e neutralização/precipitação química (MOHAN, et al., 2008). Porém, diversos problemas técnicos e custo de operação acabam inviabilizando a utilização dessas técnicas (COSTA, et al., 1999).

Dessa forma, os métodos baseados na adsorção têm vantagens por serem mais versáteis e acessíveis. Contudo, os materiais disponíveis atualmente podem encarecer esse processo (TARLEY, 2013). No sentido de ampliar e proporcionar a redução dos custos nesse processo eficaz de remoção de metais, materiais alternativos denominados bioadsorventes têm sido avaliados para serem uma alternativa mais eficaz e de baixo custo (GUNDOGDU, et al., 2009). A possibilidade da utilização de bioadsorventes é cada vez mais relevante, principalmente quando a matéria prima para

sua produção se origina de resíduos agroindustriais. Esses materiais são constituídos por substâncias como lignina, celulose, hemicelulose e proteínas, as quais podem resultar em sítios adsorptivos após sua pirólise, como grupos carboxilas, carbonilas, hidroxilas e aminas, que são capazes de adsorverem as espécies metálicas presentes em solução através de processos químicos ou físicos (NGAH, et al., 2008).

Visando a busca de um bioissorvente de baixo custo e de grande eficiência para adsorção de metais, a palha de café conilon (*Coffe Canephora P.*) e a casca de eucalipto (*Eucalyptus grandis*) destacam-se pois, além de serem resíduos abundantes, podem causar efeitos nocivos ao meio ambiente quando descartados (SCHENTINO JÚNIOR, 2007). Dessa forma, a avaliação e a eficácia desses adsorventes é de extrema necessidade para uma comparação da sua capacidade adsorptiva de determinados íons metálicos.

Assim, o objetivo desse trabalho é comparar a capacidade de adsorção de íons Ni^{2+} utilizando como adsorventes os biocarvões de palha de café e de casca de eucalipto, obtidos da produção da região sul do Espírito Santo, pirolisadas a 600 °C.

2 | METODOLOGIA

2.1 Preparação dos materiais bioissorventes

Os resíduos da casca de eucalipto (*Eucalyptus grandis*) e da palha de café (*Coffea canephora P.*) foram submetidos a um processo de pirólise lenta a 600 °C, com tempo de permanência de 60 minutos nessa temperatura. A pirólise foi conduzida em um reator metálico hermeticamente fechado, modelo SPPT-V60, com taxa de aquecimento de 6 °C min^{-1} . Após o processo de pirólise, os resíduos permaneceram no reator até que atingissem a temperatura ambiente. Esses materiais foram mantidos em recipiente fechado e livre de incidência solar até o início das análises.

2.2 Reagentes e Equipamentos.

Todos os reagentes são de grau analítico. As soluções contendo o íon metálico (Ni^{2+}) foram preparadas a partir do nitrato de níquel, com água ultrapurificada. A espectrofotometria de absorção atômica (AAS) foi utilizada para as análises de concentração do metal, com o auxílio do equipamento Perkin Elmer, modelo AA400.

2.3 Tempo de adsorção do metal pelos bioissorventes

Os experimentos de equilíbrio de adsorção de Ni^{2+} sobre os adsorventes foram realizados por processo em batelada. Para isso, 0,3 g dos materiais adsorventes foram colocados em contato com 50 mL de solução de Ni^{2+} , na concentração de 60 mg L^{-1} ,

sob agitação em um agitador orbital (Diag Tech DT 3120H) a 100 rpm, por um período 5, 10, 15, 30, 60, 120, 180, 240, 720, 1440, 2880, 4320, 5760 e 7200 minutos. Após o tempo de contato, 10 mL da solução agitada foram filtrados com membrana com diâmetro de poros 0,22 μm e analisadas em seguida por AAS. A porcentagem de Ni^{2+} adsorvido da solução foi determinada pela equação 1 (Rezende et al., 2014).

$$\% \text{ Remoção Ni(II)} = \left(\frac{C_i - C_f}{C_i} \right) \times 100 \quad (\text{equação 1})$$

Onde C_i e C_f são as concentrações finais e iniciais de Ni^{2+} , respectivamente.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra os resultados de concentração removida obtidos em diferentes tempos de contato do adsorvato com os materiais adsorventes pirolisados. É mostrado também a porcentagem de remoção dos Ni^{2+} ao decorrer do tempo. Verifica-se que ambos os materiais utilizados como material adsorvente de baixo custo apresentam resultados satisfatórios quanto a adsorção, pois com pouco tempo de contato tem-se um processo com 90,31 e 87,71% de remoção para o biocarvão de casca de eucalipto e para o biocarvão de palha do café, respectivamente.

O comportamento da porcentagem de remoção em função do tempo de contato para os biocarvões está mostrado na Figura 1. A adsorção de Ni^{2+} pelos biocarvões demonstrou ser rápida no início do período de contato entre o contaminante e os adsorventes, tornando-se lenta até atingir o equilíbrio com o aumento do tempo de contato. É possível observar que a partir do tempo de 1440 min, a capacidade de adsorção entre os biocarvões apresenta uma diferença no percentual de remoção, mostrando que o biocarvão de casca eucalipto passa a adsorver quantidades diferentes do biocarvão de palha de café. El-LATIF et al.² afirma que o mecanismo de remoção do contaminante Ni^{2+} por adsorção segue as etapas de migração do metal a partir do interior da solução para a superfície do adsorvente; difusão do contaminante através da camada limite para a superfície do adsorvente; adsorção do metal em um sítio ativo da superfície do adsorvente e difusão intrapartícula do contaminante para o interior da estrutura dos poros do material adsorvente.

Verifica-se que os materiais possuem capacidade de adsorção semelhantes, entretanto, o biocarvão de casca de eucalipto apresenta maior capacidade de adsorção quando comparada ao biocarvão de palha de café, apresentando 99,87% de remoção contra 95,48%, respectivamente, para um mesmo tempo de contato. Essa capacidade de adsorção pode estar associada à diversos fatores, tais como pH da solução adsorvente, presença de grupos funcionais na superfície dos materiais, entre

outros que serão avaliados em estudos futuros.

Tempo (min)	C (Ni ²⁺) (ppm)		% remoção	
	BCE*	BPC**	BCE*	BPC**
5	50,76	47,58	90,31	87,71
10	47,48	48,12	87,19	88,23
15	47,59	47,61	87,29	87,74
30	48,74	47,79	88,39	87,91
60	48,12	48,52	87,79	88,61
120	48,76	48,56	88,41	88,6
180	48,08	49,10	87,76	89,17
240	48,78	49,76	88,42	89,78
720	50,48	49,76	90,05	89,79
1440	50,99	50,18	90,54	90,18
2880	53,61	51,38	93,03	91,32
4320	54,21	51,79	93,61	91,72
5760	57,67	53,81	96,92	93,64
7200	59,85	55,74	99,87	95,48

* Biocarvão de casca de eucalipto

** Biocarvão de palha de café

Tabela 1- Concentração e % de remoção de Ni²⁺ das soluções

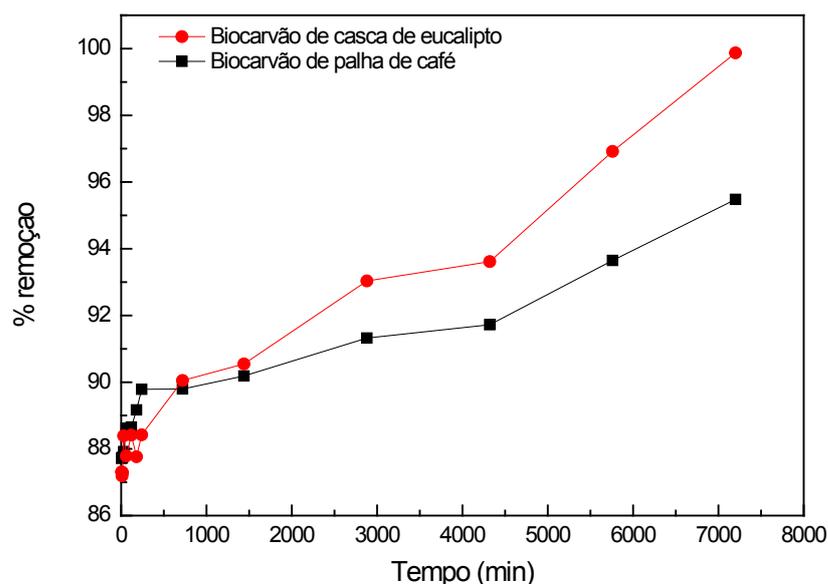


Figura 1: Porcentagem de remoção em função do tempo de contato para os biocarvões.

4 | CONCLUSÃO

O uso dos biocarvões pirolisados a 600°C apresentaram resultados satisfatórios para a remoção de Ni²⁺ em soluções aquosas. Observou-se que ambos apresentaram resultados próximos, entretanto, o biocarvão de casca de eucalipto mostrou maior capacidade de adsorção (99,87%) em relação ao biocarvão de palha de café (95,48%). A quantidade de espécies removidas da solução aumentou com o aumento do tempo de contato. Contudo, ressalta-se que o processo de adsorção ocorre com grande eficiência também em menores tempos de contato. Dessa forma, o uso de casca de eucalipto e de palha de café como precursores de baixo custo para a produção de biocarvões adsorventes são alternativas viáveis para a remoção eficiente de Ni²⁺.

REFERÊNCIAS

COSTA, C. A.; SCHNEIDER, I. A. H.; RUBIO, J. Remoção de metais por subproduto de carvão. **Saneamento Ambiental**, v. 59, p. 50-56, 1999.

EL-LATIF, MM Abd; IBRAHIM, Amal M.; EL-KADY, M. F. Adsorption equilibrium, kinetics and thermodynamics of methylene blue from aqueous solutions using biopolymer oak sawdust composite. **Journal of American Science**, v. 6, n. 6, p. 267-283, 2010.

FELLENBERG, G.; **Introdução aos Problemas da Poluição Ambiental, Ed. Pedagógica e Universitária** Ltda: São Paulo, 1980.

GUNDOGDU, Ali et al. Biosorption of Pb (II) ions from aqueous solution by pine bark (Pinus brutia Ten.). **Chemical Engineering Journal**, v. 153, n. 1-3, p. 62-69, 2009.

MOHAN, Dinesh; SINGH, Kunwar P.; SINGH, Vinod K. Wastewater treatment using low cost activated carbons derived from agricultural byproducts—a case study. **Journal of Hazardous Materials**, v. 152, n. 3, p. 1045-1053, 2008.

NGAH, WS Wan; HANAFIAH, M. A. K. M. Removal of heavy metal ions from wastewater by chemically modified plant wastes as adsorbents: a review. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 10, p. 3935-3948, 2008.

OLIVEIRA, L. K.; CASTRO, S.F.; BERTECHINI, A. G.; LIMA, E. M. C.; ESPÓSITO, M.; BIANCHI, M. L. Desenvolvimento de materiais adsorventes de óleos a partir de resíduos do beneficiamento do café e sua aplicação na ração para aves. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, n. 4, 2012.

POLPRASERT, C.; SHARMA, K.; KOOTTATEP, T. An integrated electro-chemical and natural treatment system for industrial water pollution control. **Water Science and Technology**, v. 52, n. 12, p. 1-8, 2005.

SCHENTINO JÚNIOR, M. A., et al., Preparação e caracterização de carvão ativado quimicamente a partir da casca de arroz, **Química nova**, v. 30, n. 7, p. 1663-1668, 2007.

TARLEY, C. R. T; ARRUDA, M. A. Z.. Adsorventes naturais: potencialidades e aplicações da esponja natural (*Luffacylindrica*) na remoção de chumbo em efluentes de laboratório. **Analytica**, v. 4, p. 25-31, 2003.

AVALIAÇÃO DA ADSORÇÃO DE CO(II) UTILIZANDO BIOCÁRVÕES DE PALHA DE CAFÉ COMO MATERIAL ADSORVENTE

Ueslei Giori Favero

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES),
Departamento de Química e Física
Alegre- Espírito Santo

Yago Ricardo de Oliveira

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES),
Departamento de Química e Física
Alegre- Espírito Santo

D'ávila Leal Polastreli

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES),
Departamento de Química e Física
Alegre- Espírito Santo

Ruan de Oliveira Alves

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES),
Departamento de Química e Física
Alegre- Espírito Santo

Tiago Guimarães

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES),
Departamento de Química e Física
Alegre- Espírito Santo

Lucas Destefani Paquini

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES),
Departamento de Química e Física
Alegre- Espírito Santo

Bruno Regis Lyrio Ferraz

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES),
Departamento de Biologia
Alegre- Espírito Santo

Renato Ribeiro Passos

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES),
Departamento de Agronomia

Alegre- Espírito Santo

Demetrius Profeti

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES),
Departamento de Química e Física
Alegre- Espírito Santo

Luciene Paula Roberto Profeti

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES),
Departamento de Química e Física
Alegre- Espírito Santo

RESUMO: Um método amplamente utilizado para a remoção de metais tóxicos de soluções aquosas é a adsorção usando materiais capazes de reter os íons em sua superfície. Muitas pesquisas têm explorado a capacidade de biocárvoes para remoção dessas espécies presentes em efluentes. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a potencial utilização de biocárvoes, produzidos a partir da palha de café, como material adsorvente de íons Co^{2+} em solução aquosa. Experimentos de adsorção foram realizados para avaliar o efeito do tempo de contato do adsorvente/adsorvato para a palha de café pirolisada e os resultados foram comparados com o carvão ativado comercial. Os resultados obtidos mostraram o decréscimo dos valores de concentração de Co^{2+} na solução conforme aumentou-se o tempo de contato, indicando que quase a totalidade dos íons presentes

foi removida da solução para as superfícies dos materiais adsorventes. Foi possível constatar que os biocarvões produzidos com a palha de café, consistem em uma alternativa promissora como materiais adsorventes para remoção de Co^{2+} de soluções aquosas, apresentando maior capacidade de remoção que o carvão ativado comercial.

PALAVRAS-CHAVE: Adsorvente, biocarvão, íons metálicos, palha de café

ABSTRACT: The application of adsorption as a means for the removal of toxic metals from aqueous solutions is based on materials capable of retaining the ions on the surface. Currently, the research has explored the ability of biochar to remove these species from effluents. In this context, the present study evaluated the potential use of biochars, produced from coffee straw, as adsorbent material of Co^{2+} ions from aqueous solution. Adsorption experiments were carried out to evaluate the effect of contact time adsorbent/adsorbate, and the results were compared with the commercial activated carbon. The data showed a decrease in the concentration of Co^{2+} in the solution as the contact time was increased, indicating that species were removed from the solution to the adsorbent surface. These results indicate that the biochar produced with the coffee straw is a promising alternative adsorbent materials for the removal of Co^{2+} from aqueous solutions, showing a better performance than commercial activated carbon.

KEYWORDS: Adsorbent, biochar, metal ions, coffee straw

1 | INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a remoção de metais tóxicos presentes em recursos hídricos tem sido um dos principais temas de investigação, uma vez que a poluição ambiental causada por essas espécies consiste em um dos maiores problemas ocasionados pelo crescimento tecnológico e industrial (RONDA et al., 2015). As principais fontes de poluição por metais são principalmente os setores da mineração e da agricultura (AGUIAR et al., 2002). Esses metais, quando lançados no ambiente sem tratamento prévio, tornam-se altamente difundidos e bioacumulativos na cadeia alimentar. Alguns são conhecidos por sua natureza carcinogênica (GUPTA et al., 2014), constituindo uma ameaça potencial à saúde pública, à fauna e à flora (KUMAR et al., 2006).

Existem diversos métodos que podem ser aplicados na remoção de metais tóxicos de efluentes, mas grande parte apresenta pouca eficiência ou elevado custo operacional. Um método que pode ser utilizado para a remoção de metais pesados de soluções aquosas é baseado no fenômeno de adsorção usando materiais capazes de reter íons ou moléculas em sua superfície. Ali et al. (2012) enfatiza que o processo de adsorção é o mais adequado para o tratamento de água, devido à sua eficiência e facilidade operacional, além de não ocorrer a geração de subprodutos perigosos (AHMED, et al., 2014). Contudo, diversos fatores devem ser levados em consideração para que este método seja viável: o material utilizado deve ser de baixo custo, alta disponibilidade e apresentar elevada capacidade de adsorção.

O adsorvente mais utilizado é o carvão ativo, normalmente produzido a partir do eucalipto. Este material possui boa eficiência, porém, seu preparo envolve o uso de reagentes químicos, o que leva ao aumento do custo do material (GUPTA, et al., 2014). Diante dessas premissas, é de grande interesse a busca por materiais adsorventes alternativos, principalmente oriundos da biomassa, como os resíduos da atividade agroindustrial do país. Nesse caso, poderiam ser sanados dois grandes problemas no impacto ambiental: (i) a disposição final inadequada do resíduo, pois este material voltaria para a indústria como matéria-prima para a fabricação de um produto de maior valor agregado; e (ii) a remoção eficiente de metais pesados presentes em efluentes não tratados.

Estudos têm mostrado a capacidade de biocarvões para remoção de metais tóxicos da água e têm comprovado a viabilidade do uso dos mesmos para essa finalidade (AHMAD et al., 2014; MOHAN et al., 2014). O biocarvão pode ser definido como um produto obtido do tratamento térmico de materiais orgânicos, realizado em condições de baixa concentração de oxigênio e em temperaturas que variam de 350°C a 1000°C, pelo processo conhecido como pirólise. Ao final do processo, esse material pode ser utilizado para diversas finalidades como, por exemplo, condicionador de solos e como adsorvente de substâncias.

Neste contexto, o presente estudo avaliou a potencial utilização de biocarvões provenientes da palha de café da espécie *Coffea canephora* P. como um material adsorvente de Co^{2+} em solução aquosa e realizar a comparação dos biocarvões com carvão ativado comercial.

2 | METODOLOGIA

2.1 Preparação do Adsorvente

A palha de café utilizada nesse estudo é da espécie conilon (*Coffea canephora* P.) proveniente do Instituto Federal do Espírito (IFES) – Campus Alegre, composta pela casca, polpa, pergaminho e grãos perdidos no beneficiamento. Para ser utilizada como biossorvente essa palha foi submetida a um processo de pirólise lenta a 600°C, com tempo de permanência de 60 min, em um reator metálico hermeticamente fechado, modelo SPPT-V60, com taxa de aquecimento de 6°C min⁻¹. Após o processo o Biocarvão de Palha de Café (BPC) permaneceu no reator até que a temperatura ambiente fosse atingida. O material foi armazenado em local arejado e sem a incidência de luz solar. Após este processo, as amostras de BPC foram maceradas em almofariz, visando reduzir o tamanho das partículas.

2.2 Reagentes e Soluções

Os reagentes utilizados nesse trabalho possuem grau analítico e as soluções foram

preparadas em água ultrapura com resistividade de $18 \text{ M}\Omega \text{ cm}^{-1}$, obtida com purificador Mega Purity. Nos experimentos de adsorção foi utilizado uma solução de Nitrato de Cobalto(II) contendo uma concentração de 60 ppm do metal.

2.3 Influência do tempo de adsorção do íon cobalto(II)

Os ensaios de adsorção foram conduzidos em temperatura ambiente, colocando 0,30 g da palha de café pirolisada em contato com 50,0 mL da solução contendo 60 ppm de Co^{2+} em Erlenmeyer de 125 mL. Os frascos foram tampados e colocados em mesa agitadora orbital a 100 rpm. O tempo de adsorção variou de 15 a 720 min. Após os tempos de contato, foram retiradas alíquotas, e as mesmas foram filtradas por membranas com diâmetro de poros $0,22 \mu\text{m}$. Os ensaios foram realizados tanto com o BPC quanto com o Carvão Ativado (CA), para fim de comparação. O CA comercial utilizado foi o granulado tipo 119 (8 x 16) da marca Alphatec.

As concentrações das amostras foram determinadas utilizando o espectrofotômetro de Absorção Atômica da Perkin Elmer, modelo AAS400, pelo método da curva de calibração.

A porcentagem de Co^{2+} adsorvido da solução foi determinada pela equação (1).

$$\% \text{ Remoção Co(II)} = \left(\frac{C_i - C_f}{C_i} \right) \times 10 \quad \text{equação (1)}$$

Onde C_i e C_f são as concentrações finais e iniciais de Co(II), respectivamente.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de concentrações de íons cobalto(II) removidos da solução pelos BPC e CA em função do tempo de contato, estão apresentados na Tabela 1. Nessa tabela, observa-se o aumento dos valores de concentração de Co^{2+} removido conforme aumenta-se o tempo de contato. Essa capacidade de retenção dos íons metálicos na superfície pode estar relacionada com a presença de grupos funcionais superficiais do adsorvente, uma vez que o mesmo possui em sua composição grupos fenólicos, carboxílicos e lactonas. Esses grupos funcionais conferem a carga superficial e influenciam diretamente na sua capacidade de adsorção (BLÁZQUEZ, 2005).

Tempo (min)	Palha de Café (PC) Concentração (ppm)	Carvão Ativado (CA) Concentração (ppm)
15	55,17	55,03
30	55,44	55,07
60	55,53	55,21
120	55,53	55,39
180	55,65	55,49
240	55,86	55,51
720	56,89	55,89

Tabela 1 – Concentração de Co^{2+} em função do tempo de contato.

A Figura 1 mostra o comportamento da porcentagem de remoção de Co^{2+} da solução pela adsorção no BPC e no CA em função do tempo de contato. Nota-se que biocarvão de palha de café apresentou maior capacidade de remoção para Co^{2+} em solução aquosa quando comparado ao CA. Após os 720 minutos, ocorreu a remoção quase que completa do adsorvato da solução. Observa-se ainda a maior eficiência do BPC logo nos minutos iniciais, adsorvendo aproximadamente 91,78% dos íons Co^{2+} da solução, mantendo valores crescentes de remoção, conforme a solução permanece em contato com o material.

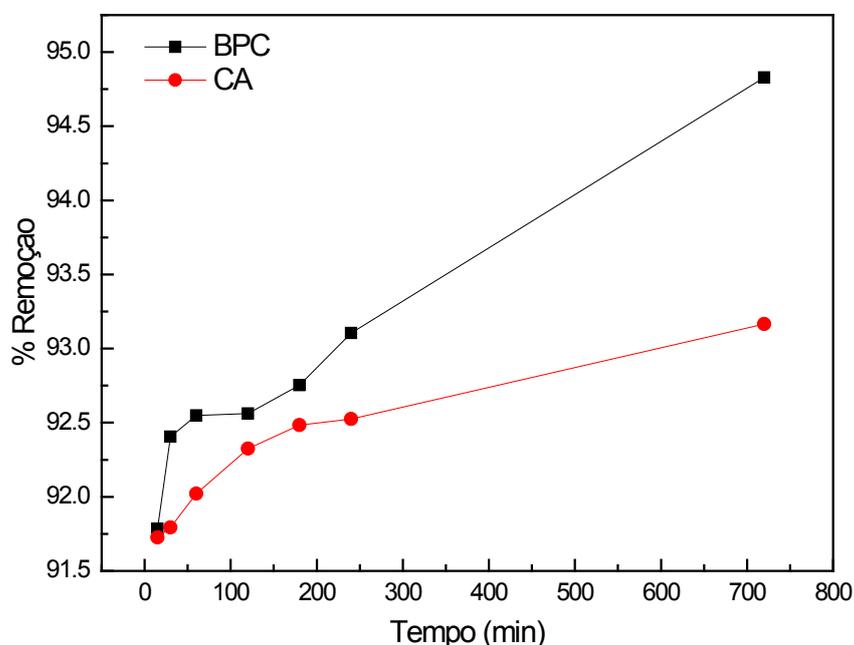


Figura 1 – Porcentagem de remoção de íons cobalto pela PC e pelo CA.

4 | CONCLUSÃO

Neste trabalho foram realizados estudos preliminares de adsorção de íons cobalto(II), presentes em solução aquosa, por biocarvões obtidos através da pirólise da palha de café. O efeito do tempo de contato adsorvente/adsorvato foi avaliado e os resultados obtidos mostraram que os biocarvões de palha de café, consistem em uma alternativa promissora para o uso como biossorvente na remoção de Co^{2+} de efluentes aquosos, apresentando capacidade de remoção superior ao carvão ativado comercial.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, M. R. et al., Removal of heavy metals from wastewaters by aluminosilicate. **Química Nova**, v. 25, p. 1145-1154, 2002.

AHMED, M.J.K. et al. Lignocellulosic-derived modified agricultural waste: development characterization and implementation in sequestering pyridine from aqueous solutions, **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 428, p. 222-234, 2014.

ALI, I. et al. Low cost adsorbents for the removal of organic pollutants from wastewater, **Journal of Environmental Management**, v. 113, p. 170-183, 2012.

BLÁZQUEZ, G. et al.; Removal of cadmium ions with olive stones: the effect of some parameters, **Process Biochemistry**, v.40, p. 2649-2654, 2005.

GUPTA, V.K, et al. Amputation of congo red dye from waste water using microwave induced grafted Luffa cylindrical cellulosic fiber. **Carbohydrate Polymers**, v.111, p. 556-566, 2014.

KUMAR, U. et al., Sorption of cadmium from aqueous solution using pretreated rice husk. **Bioresource Technology**, v. 97, p. 104-109, 2006.

MOHAN, D., et al.; Organic and inorganic contaminants removal from water with biochar, a renewable, low cost and sustainable adsorbent e a critical review. **Bioresource Technology**, v. 160, p. 191-202, 2014.

RONDA, A. et al.; Comparison of two models for the biosorption of Pb(II) using untreated and chemically treated olive stone: Experimental design methodology and adaptive neural fuzzy inference system (ANFIS). **Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers**, v. 54, p. 45-56, 2015.

DEGRADAÇÃO DO FUNGICIDA FLUTRIAFOL UTILIZANDO NANOPARTÍCULAS BIMETÁLICAS DE FE/NI, FE/CU E CU COM ANÁLISE POR GC/MS

Maxwell Daniel de Freitas

Universidade Federal de Ouro Preto, Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas
João Monlevade - Minas Gerais

Karla Moreira Vieira

Universidade Federal de Ouro Preto, Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas
João Monlevade- Minas Gerais

Vanessa Moreira Osorio

Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Exatas, Naturais e da Saúde,
Departamento de Química e Física
Alegre - Espírito Santo

Isabela Cristina de Matos Cunha

Universidade Estadual de Campinas,
Departamento de Química
Campinas - Paulo

Renata Pereira Lopes Moreira

Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Química
Viçosa - Minas Gerais

RESUMO: A aplicação do fungicida flutriafol para o tratamento de pragas é uma prática comum no ramo agrícola, apesar de apresentar mobilidade em solo e água e uma meia vida relativamente alta, ainda é muito usado devido ao seu potencial de combate e facilidade de aplicação. Visto isso, temos que é grande as chances de contaminação do meio ambiente,

por meio desse resíduo agrícola, não somente em solo mas em matrizes de água também. Neste trabalho foram utilizadas nanopartículas de Fe/Ni, Fe/Cu e Cu para a degradação do fungicida Flutriafol em matrizes de água. Após 180 min de tratamento conseguiram-se taxas de degradação de 90,0 % para as nanopartículas de Fe/Ni e de 80,0 % para as nanopartículas de Fe/Cu e Cu. Essas taxas de degradação foram determinadas por GC/MS. Para a realização das análises por GC/MS foi necessário o desenvolvimento de uma metodologia de extração do meio aquoso do flutriafol por ELL-PBT. Com a utilização de ferramentas estatísticas dos planejamentos fatoriais 2³ completo e Composto Central Cubico (modelo quadrático) foi possível realizar a otimização desta metodologia.

PALAVRAS-CHAVE: Flutriafol, nanopartículas, GC/MS, Otimização Multivariada.

ABSTRACT: Application of the fungicide to float for pest management is a common action in the agricultural field, despite its mobility in soil and water and a relatively high shelf life, it is still widely used for its combat potential and ease of application. This has been found in the metered of halves of aqua. Fe / Ni, Fe / Cu and Cu nanoparticles were used for the degradation of the fungicide Flutriafol in water matrices. After 180 min of treatment, degradation rates

of 90.0% for Fe / Ni nanoparticles and 80.0% for Fe / Cu and Cu nanoparticles were obtained. The degradation rates were determined by GC/MS. In order to perform the GC-MS analyzes, it was necessary to develop a methodology for extracting the aqueous medium from ELL-PBT flotation. With the use of a set of tools, the plans were completed successfully.

KEYWORDS: Flutriafol, nanoparticles, GC/MS, Multivariate Optimization.

1 | INTRODUÇÃO

O Brasil é uma potencia mundial no setor agrícola sendo o maior produtor de café e segundo maior consumidor (ABASTECIMENTO,2017), onde para obter eficiências cada vez maiores emprega diversas técnicas de controle de pragas. O uso de agrotóxicos é bastante comum, contudo este apresenta potenciais riscos ambientais e sociais que devem ser analisados como seu elevado grau de contaminação de afluentes, riscos para a vida animal e vegetal e as consequências disso para a sociedade moderna (ALMEIDA,CARNEIRO e VILELA, 2009).

Os fungicidas são utilizados para inibir ou matar especificamente um fungo causador de uma doença em uma cultura (McGRATH,2004), são amplamente utilizados devido a sua eficácia e tempo de duração. Nosso alvo de pesquisa é o flutriafol fungicida da classe dos triazóis, atua como inibidor da biossíntese de ergosterol e caracteriza-se por ser altamente eficaz no controle de ascomicetos, basidiomicetos e deuteromicetos. Os triazóis são fungicidas que possuem ação sistêmica, excelente atividade protetora, curativa, antiesporulante, eficiência em doses relativamente baixas e apresentam risco médio de selecionarem raças resistentes (OLIVEIRA, 2011).

O flutriafol é usado em diversas culturas como café, banana, maçã, cereais, chicória, milho, linho, uva, vagem, feijão, batata, mamão, algodão e melão (MAPA, 2016). Ele é bastante empregado na cultura de café, visto que o Brasil é o maior produtor de café do mundo (ABASTECIMENTO, 2017), mostra-se assim que a empregabilidade do flutriafol em lavouras é grande e por consequência os riscos ao meio ambiente se tonam maiores. Devido a sua alta mobilidade há registros de resíduos de flutriafol em lençóis freáticos e rios próximos a regiões agrícolas (DELLAMATRICE *et. al.*, 2014).

Atualmente há um significativo número de publicações com estudos a respeito das nanopartículas e seu potencial. Embora a comunidade científica, não chegue a um consenso a respeito de sua definição, um resumo do documento PAS71, desenvolvido no Reino Unido define nanopartícula como, um corpo tendo uma dimensão da ordem de 100 nm ou menor (INDÚSTRIA, 2005).

As nanopartículas bimetálicas, que são de alta reatividade devido ao aumento da razão entre a área superficial e o volume do material (LIU et al., 2014). A diversidade de estruturas, composições e propriedades das nanopartículas bimetálicas permitem a sua ampla aplicação (BURDA, 2005), sendo que sua aplicação na eliminação de

metais pesados, compostos orgânicos halogenados, compostos nitro e azo e oxiânions tem atraído uma atenção especial para estes materiais (LIU et al., 2014).

Assim o atual trabalho visa o estudo da aplicação dessas nanopartículas bimetálicas como agente degradante do fungicida flutriafol. Essas nanopartículas foram desenvolvidas por Ourique e colaboradores, cuja a caracterização foi apresentada previamente no artigo publicado em 2018 (OURIQUE et al., 2018).

2 | MATERIAIS E MÉTODOS UTILIZADOS

2.1 PURIFICAÇÃO DO FLUTRIAFOL COMERCIAL

A solução comercial de flutriafol utilizada na plantação do café arábica foi adquirida no comércio local da cidade de Manhuaçu – MG. Esta solução possui 25% do flutriafol em sua composição sendo o restante outros ingredientes não especificados pela empresa fabricante. Desta forma, foi realizada uma extração líquido – líquido da solução com éter com o objetivo de obter o flutriafol purificado.

Em um béquer de 200,0 mL e com o auxílio de uma proveta de 25,0 mL adicionou-se 20,0 mL da solução de flutriafol e 35,0 mL de éter etílico. Agitou-se a solução em um agitador magnético por aproximadamente 3 minutos. Após a agitação e decantação, pesou-se um béquer de 200,0 mL limpo e seco e recolheu o sobrenadante. Esperou-se até que o éter evaporasse, pesou-se novamente o béquer com a amostra purificada. A massa de flutriafol extraída foi de aproximadamente 0,500 g.

A partir do sólido obtido foi preparada uma solução estoque de flutriafol de concentração 1,00 g/L em acetonitrila.

2.2 PARÂMETROS DE ANÁLISE EM CG/MS

As análises cromatográficas foram realizadas utilizando um cromatógrafo-GC (Shimadzu QP Plus 2010) - equipado com detector de espectrometria de massas (Shimadzu QP Plus 2010), localizado no Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas, Campus avançado da UFOP em João Monlevade.

Os parâmetros utilizados foram os mesmos utilizados por Caetano e colaboradores, 2016. O método utilizado teve a temperatura do forno iniciada em 70 °C, mantida por 2 min. Logo em seguida foi aumentada com uma taxa de 10 °C/min até 290 °C permanecendo por 5 min e terminando com um aumento de 10 °C/min até 300 °C permanecendo por 2 min. A temperatura do injetor foi mantida a 250 °C no modo splitless durante 2 min. A análise foi realizada no modo SIM (analisando os íons $m/z = 123, 164$ e 219).

2.3 PLANEJAMENTO FATORIAL COMPLETO 2³ COM PONTO CENTRAL

No processo de otimização multivariada de triagem realizou-se o planejamento fatorial completo 2³ com ponto central e em seguida o planejamento composto central como superfície de respostas, para se obter melhores respostas analíticas do procedimento de extração líquido-líquido com partição a baixa temperatura (ELL-PBT).

Na etapa de triagem foi utilizado o planejamento fatorial completo 2³ e as variáveis selecionadas foram a proporção de solução aquosa de flutriafol (4,0 mgL⁻¹)/acetonitrila, tempo de agitação e concentração de sal (NaCl).

Todos os fatores foram investigados em dois níveis (máximo e mínimo) e um ponto central, totalizando 11 experimentos. Na Tabela 1 encontram-se os níveis das três variáveis que foram estudados.

Variáveis	Mínimo (-1)	Ponto central (0)	Máximo (+1)
Proporção solução aquosa flutriafol / acetonitrila	1:1	1:1,5	1:2
Tempo de agitação (min)	2	4	6
Adição de NaCl (mg/L)	0	0,2	0,4

Tabela 1- Variáveis e níveis utilizados no planejamento fatorial completo 2³. Os valores -1 e +1 representam os níveis codificados, sendo as variáveis: 1- solução aquosa flutriafol (4,0 mgL⁻¹)/acetonitrila; 2- Tempo de agitação (min); e 3- Adição de NaCl (mg/L).

Após o preparo de cada amostra, estas por sua vez foram levadas ao freezer e aguardamos o tempo necessário para a separação das fases (overnight), em a água congelou na parte inferior e retiramos a solução orgânica na parte superior (que não congelou). Feito isso passamos a fase orgânica por um papel de filtro com sulfato de sódio (Na₂SO₄) e ajustamos o volume para 4,00 mL (acetonitrila). Posteriormente, essas amostras foram analisadas por GC/MS.

2.4 PLANEJAMENTO COMPOSTO CENTRAL - MODELO QUADRÁTICO CÚBICO DE TRÊS VARIÁVEIS

Após análise dos resultados obtidos na triagem selecionaram-se as variáveis e as interações que foram significativas para o processo de extração do flutriafol para aplicação da metodologia de superfície de resposta a fim de obter a melhor condição de extração do flutriafol da solução aquosa. Para um melhor estudo do comportamento das mesmas, aplicou-se o planejamento composto central modelo quadrático cúbico de três variáveis. As variáveis e os níveis estudados na etapa do processo de otimização usando superfície de resposta são mostrados na Tabela 2.

Variáveis	Mínimo (-1)	Ponto Central (0)	Máximo (+1)
Proporção solução aquosa flutriafol / acetoneitrila	1:0,5	1:1	1:1,5
Tempo de agitação (min)	2	4	6
Adição de NaCl (mg/L)	0,2	0,4	0,6

Tabela 2- Fatores e níveis do planejamento composto central, sendo o nível 0, composto dos valores das variáveis estudadas na triagem e que proporcionaram melhor área para o pico de flutriafol. Sendo as variáveis estudadas 1- proporção solução aquosa flutriafol (4,0 mgL⁻¹)/acetoneitrila; 2- Tempo de agitação (min); e 3- Adição de NaCl (mg/L).

Após a extração do flutriafol de acordo com cada condição determinada no em cada experimento do planejamento composto central, a parte orgânica recolhida foi filtrada em um papel de filtro com sulfato de sódio (Na₂SO₄) e ajustamos o volume para 4,00 mL de acetoneitrila. Posteriormente foram analisadas por GC/MS.

2.5 ESTUDO UNIVARIADO

O resultado da metodologia de superfície de resposta indicou que a única variável significativa para o sistema, no nível de significância de 0,05, é a proporção solução aquosa/acetoneitrila. Desta maneira foi realizado um estudo univariado dessa proporção variando nas proporções de 1:0,25; 1:0,4; 1:0,6; e 1:0,75. Os resultados foram comparados e aquele que apresentou maior área cromatográfica foi considerado como a condição ideal.

Todo o procedimento experimental foi realizado de acordo com o descrito nos itens 2.3 e 2.4, sendo posteriormente as amostras analisadas por GC/MS de acordo com as condições apresentadas no item 2.2.

2.6 PROCESSO DE DEGRADAÇÃO DO FUNGICIDA EM MEIO AQUOSO

Para o processo de degradação do flutriafol, preparamos uma solução aquosa com concentração de 4,00 mg/L de flutriafol e 0,6 mg/L de cloreto de sódio. Essa solução foi usada para o processo de degradação utilizando as nanopartículas de Fe/Ni, Fe/Cu e Cu. Em um béquer de 1,00 L foi adicionado 400,00 mL da solução aquosa com concentração de 4,00 mg/L de flutriafol e 0,6 mg/L de cloreto de sódio. Este béquer foi colocado em uma mesa agitadora (250 rpm) e adicionado 0,0400g de nanopartículas (proporção final de 0,1 g/L de nanopartículas).

Alíquotas de 4,0 mL, com o auxílio de uma seringa, foram retiradas com os tempo variando de 10 minutos até a marca de uma hora, a partir daí foram retiradas com a tempo variando de 30 minutos até a marca de três horas. Essas alíquotas foram filtradas com o auxílio de um filtro de seringa de membrana de nylon hidrofílico.

Essas amostras foram submetidas ao processo de extração líquido-líquido com partição em baixa temperatura com a proporção solução aquosa tratada/acetonitrila de 1:0,5. A parte orgânica foi extraída e filtrada com o auxílio de um papel de filtro com sulfato de sódio (Na_2SO_4) para então serem analisadas por GC/MS. Esse procedimento foi realizado para cada nanopartícula (Fe/Ni, Fe/Cu e Cu).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 PLANEJAMENTO FATORIAL COMPLETO 2^3 COM PONTO CENTRAL

As seleções das variáveis para o planejamento de triagem foi escolhida de acordo com o processo de ELL-PBT e estudos prévios realizados no laboratório

Todos os onze experimentos foram realizados como descritos no item 2.3 e após serem analisados por GC/MS. Para cada experimento, as áreas dos picos referentes a $m/z = 123$ (íon de maior intensidade) foram extraídas e inseridas na planilha eletrônica (TEÓFILO,2006), no qual a Tabela 3 mostra os resultados obtidos.

Ensaio	Proporção $\text{H}_2\text{O}:\text{CH}_3\text{CN}$ (v:v)	Tempo (min)	Adição de Sal ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	A_{cro}
1	-1 (1:1)	-1 (2)	-1 (0)	1934,0
2	+1 (1:2)	-1 (2)	-1 (0)	1317,0
3	-1 (1:1)	+1 (4)	-1 (0)	2001,0
4	+1 (1:2)	+1 (4)	-1 (0)	1019,0
5	-1 (1:1)	-1 (2)	+1 (0,4)	1314,0
6	+1 (1:2)	-1 (2)	+1 (0,4)	712,0
7	-1 (1:1)	+1 (4)	+1 (0,4)	2033,0
8	+1 (1:2)	+1 (4)	+1 (0,4)	1429,0
9	0 (1:1,5)	0 (3)	0 (0,2)	1229
10	0 (1:1,5)	0 (3)	0 (0,2)	1402
11	0 (1:1,5)	0 (3)	0 (0,2)	1290

Tabela 3- Resultados (área de pico cromatográfico) dos ensaios experimentais do planejamento fatorial completo 2^3 , com três replicatas no ponto central (ensaios 9 a 11), para a otimização da ELL-PBT do flutriafol.

Através dos resultados da triagem obtidos pela análise do planejamento 2^3 (Tabela 3), pode ser verificado que a variável 1 e a interação da variável dois com a três são significativas para o sistema. E o que o experimento 7 foi aquele em que se obteve a maior área cromatográfica (variável 1 no nível -1 e a variável 2 e 3 no nível +1). Os erros associados a cada efeito das variáveis foram avaliados pelo teste t ($\alpha = 0,05$) e são mostrados na Tabela 4. Ou seja, a menor proporção de solvente orgânico

acetonitrila facilitou a extração do flutriafol e que o tempo de extração e quantidade de sal (efeito salting out) são importantes para essa extração.

Variáveis	A	
	Efeitos	p
Média	1425,45	7,9358 x 10 ⁻⁰⁵
1	-701,25	0,0079
2	301,25	0,0722
3	-195,75	0,1746
1 x 2	-91,75	0,4673
1 x 3	98,25	0,4395
2 x 3	416,75	0,0326
1 x 2 x 3	90,75	0,4717

Tabela 4- Valores dos efeitos e do parâmetro p ($\alpha = 0,05$) para cada variável estudada no planejamento fatorial completo 2^3 para a otimização das condições experimentais do sistema de extração do flutriafol por ELL-PBT. Os valores em negrito são os que se mostraram significativos de acordo com o valor de p ($p < 0,05$). 1= proporção solução aquosa flutriafol ($4,0 \text{ mgL}^{-1}$)/acetonitrila; 2= Tempo de agitação (min); e 3= Adição de NaCl (mg/L).

Com os resultados obtidos foi possível obter uma modelagem matemática significativa para área cromatográfica (A) $p = 0,0$ para o modelo (Tabela 5). O coeficiente de determinação (R^2) foi de 0,9573.

FV	SQ	nGL	MQ	Fcalc.	SG	p
Regressão	$2,0 \times 10^6$	7	$2,20 \times 10^5$	9,601	SG	0,0
Resíduos	73278	3	24426			
F. Ajuste	57880	1	57880	7,518		0,1
Erro Puro	15395	2	7699			
Total	$3,0 \times 10^{10}$	10				
% variação explicada				105,9		
% máx. de variação explicável				99,01		

Tabela 5- Tabela ANOVA para o modelo matemático obtido pelo planejamento fatorial 2^3 para a otimização das condições de extração de flutriafol por ELL-PBT. FV = Fonte de variação, SQ = soma quadrática, nGL = número de graus de liberdade, Fcalc = valor do teste F calculado, SG = significativo e p = parâmetro estatístico p.

Com os dados fornecidos pela Tabela 5 podemos verificar que o modelo se ajustou com 99,01 % de variação comparada e obteve uma regressão significativa de acordo com o parâmetro estatístico indicado pelo teste t ($\alpha = 0,05$).

3.2 PLANEJAMENTO COMPOSTO CENTRAL - MODELO QUADRÁTICO CÚBICO DE TRÊS VARIÁVEIS

Com a finalidade de aprofundar o estudo da influência das variáveis e otimizar o sistema de extração, isto é, obter a maior área de pico cromatográfico na extração do flutriafol por ELL-PBT realizou-se o planejamento composto central cúbico (aplicação da metodologia de superfície de resposta).

Os resultados obtidos no estudo da triagem nos indicaram que as melhores condições de extração (ensaio 7 de maior área cromatográfica) foram a proporção de solução aquosa de flutriafol ($4,0 \text{ mgL}^{-1}$)/acetonitrila de 1:1, tempo de extração de 4 min e concentração salina de $0,4 \text{ mgL}^{-1}$. Desta maneira, esse ensaio foi utilizado como ponto central no estudo da metodologia de superfície de resposta.

Todos os dezessete experimentos foram realizados como descritos no item 2.4, após analisados por GC/MS. Para cada experimento, as áreas dos picos referentes a $m/z = 123$ foram extraídas e inseridas na planilha eletrônica (TEÓFILO,2006). Na Tabela 6 são mostrados os resultados obtidos.

Ensaio	Proporção $\text{H}_2\text{O}:\text{CH}_3\text{CN}$ (v:v)	Tempo (min)	Adição de Sal ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	A_{cro}
1	-1 (0,5)	-1 (2)	-1 (0,2)	91465,0
2	+1 (1,5)	-1 (2)	-1 (0,2)	37755,0
3	-1 (0,5)	+1 (6)	-1 (0,2)	40598,0
4	+1 (1,5)	+1 (6)	-1 (0,2)	37270,0
5	-1 (0,5)	-1 (2)	+1 (0,6)	141033,0
6	+1 (1,5)	-1 (2)	+1 (0,6)	488650
7	-1 (0,5)	+1 (6)	+1 (0,6)	76949,0
8	+1 (1,5)	+1 (6)	+1 (0,6)	41624,0
9	-1 (0,5)	0 (4)	0 (0,4)	3305,0
10	+1 (1,5)	0 (4)	0 (0,4)	13029,0
11	0 (1)	-1 (2)	0 (0,4)	8291,0
12	0 (1)	+1 (6)	0 (0,4)	20749,0
13	0 (1)	0 (4)	-1 (0,2)	2703,0
14	0 (1)	0 (4)	+1 (0,6)	15735,0
15	0 (1)	0 (4)	0 (0,4)	3880,0
16	0 (1)	0 (4)	0 (0,4)	21937,0
17	0 (1)	0 (4)	0 (0,4)	2103,0

Tabela 6- Resultados (área de pico cromatográfico) dos ensaios experimentais do planejamento composto central - modelo quadrático cúbico, com três replicatas no ponto central (ensaios 15 a 17), para a otimização da ELL-PBT do flutriafol.

Através dos resultados da metodologia de superfície de resposta obtidos pela análise do planejamento quadrático cúbico (Tabela 6), pode ser verificado que a variável 1 é significativa para o sistema. E o que o experimento 5 foi aquele em que se obteve a maior área cromatográfica (variável 1 e 2 no nível -1 e 3 no nível +1). Os erros associados a cada efeito das variáveis foram avaliados pelo teste t ($\alpha = 0,05$) e são mostrados na Tabela 7.

Variáveis	A	
	Coefficientes	p
0	-2221	0,683
1	-17481	0,037
2	-11022	0,086
3	11442	0,081
1 × 1	19033	0,105
2 × 2	25386	0,063
3 × 3	20085	0,096
1 × 2	13403	0,075
1 × 3	-8807	0,151
2 × 3	-2497	0,586

Tabela 7- Valores dos efeitos e do parâmetro p ($\alpha = 0,05$) para cada variável estudada no planejamento composto central - modelo quadrático cúbico, para a otimização das condições experimentais do sistema de extração do flutriafol por ELL-PBT. Os valores em negrito são os que se mostraram significativos de acordo com o valor de p ($p < 0,05$). 1= proporção solução aquosa flutriafol ($4,0 \text{ mgL}^{-1}$)/acetona; 2= Tempo de agitação (min); e 3= Adição de NaCl (mg/L).

Com esses resultados é possível obter uma modelagem matemática significativa para área cromatográfica (A) $p = 0,026$ para o modelo (Tabela 8). O coeficiente de determinação (R^2) foi de 0,8585.

FV	SQ	nGL	MQ	Fcalc.	SG	p
Regressão	$2,0 \times 10^{10}$	9	$2,0 \times 10^9$	4,7203	SG	0,02647
Resíduos	$3,0 \times 10^9$	7	$5,0 \times 10^8$			
F. Ajuste	$3,0 \times 10^9$	5	$6,0 \times 10^8$	4,8862		0,17857
Erro Puro	$2,0 \times 10^8$	2	$1,0 \times 10^8$			

Total	2,0x10 ¹⁰	16
% variação explicada		85,85
% máx. de variação explicável		98,93

Tabela 8- Tabela para o modelo matemático obtido pelo planejamento composto central - modelo quadrático cúbico, para a otimização das condições de extração de flutriafol por ELL-PBT. FV = Fonte de variação, SQ = soma quadrática, nGL = número de graus de liberdade, F_{calc} = valor do teste F calculado, SG = significativo e p = parâmetro estatístico p.

De acordo com os dados apresentados na tabela 8, verifica-se que o modelo obteve regressão significativa e se ajustou com 98,93 % de variação comparada de acordo com o parâmetro estatístico indicado pelo teste t ($\alpha = 0,05$).

3.3 ESTUDO UNIVARIADO

De acordo com o resultado obtido no estudo da superfície de resposta (item 3.2) a variável proporção de solução aquosa de flutriafol (4,0 mgL⁻¹)/acetonitrila é a única significativa e o ensaio 5 do planejamento (Tabela 6) foi o que proporcionou maior área cromatográfica. Dessa maneira, foi realizado um estudo univariado da proporção solução aquosa de flutriafol (4,0 mgL⁻¹)/acetonitrila, mantendo fixos o tempo de agitação de 2 min e a concentração da solução salina de 0,6 mgL⁻¹, de 1:0,25; 1:0,40; 1:0,50; 1:0,60; e 1:0,75.

Os resultados obtidos, após leituras cromatográficas (por GC-MS) das áreas de cada ensaio, com o estudo univariado são apresentados na Tabela 9.

Ensaio	Proporção H ₂ O:CH ₃ CN (v:v)	Tempo (min)	Adição de Sal (mg*L ⁻¹)	A _{cro}
1	(1:0,25)	(2)	(0,6)	6728,0
2	(1:0,4)	(2)	(0,6)	4089,0
3	(1:0,5)	(2)	(0,6)	68903,0
4	(1:0,6)	(2)	(0,6)	353,0
5	(1:0,75)	(2)	(0,6)	424,0

Tabela 9- Resultados (área de pico cromatográfico) dos ensaios experimentais do estudo univariado para a otimização da ELL-PBT do flutriafol.

Ressaltamos que planejamento composto central mostrou que apenas a variável proporção de solução aquosa do flutriafol/acetonitrila foi significativa no seu nível inferior (ou seja, a proporção 1:0,5; ensaio 5) e o mesmo resultado foi constatado

no estudo univariado. Isso significa que as variáveis se ajustaram perfeitamente ao planejamento e dessa forma o complemento desses resultados fornecido pelo estudo univariado serviu para comprovar que as condições do ensaio 5 realizado no planejamento composto central é aquele que fornece a melhor área cromatográfica do íon m/z 123 do flutriafol.

3.4 DEGRADAÇÃO DO FUNGICIDA FLUTRIAFOL UTILIZANDO NANOPARTÍCULAS

Utilizando o processo descrito no tópico 2.6, condição já otimizada de acordo com os estudos realizados com os planejamentos fatoriais. Foi realizado três processos de degradação usando as nanopartículas de Fe/Ni, Fe/Cu e Cu. As amostras foram analisadas por GC/MS de acordo com o item 2.2.

Os resultados normalizados das áreas cromatográficas dos tratamentos realizados com as nanopartículas são mostrados nas Figuras 01, 02 e 03.

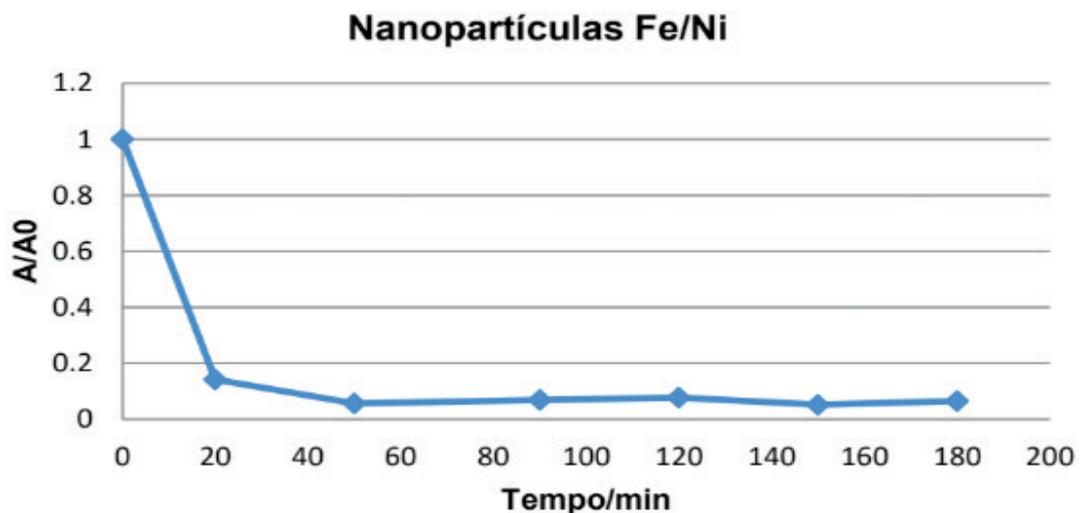


Figura 01 – Taxas de degradação (por GC-MS) do flutriafol em meio aquoso proporcionado pelas nanopartículas de Fe/Ni em função do tempo reacional.

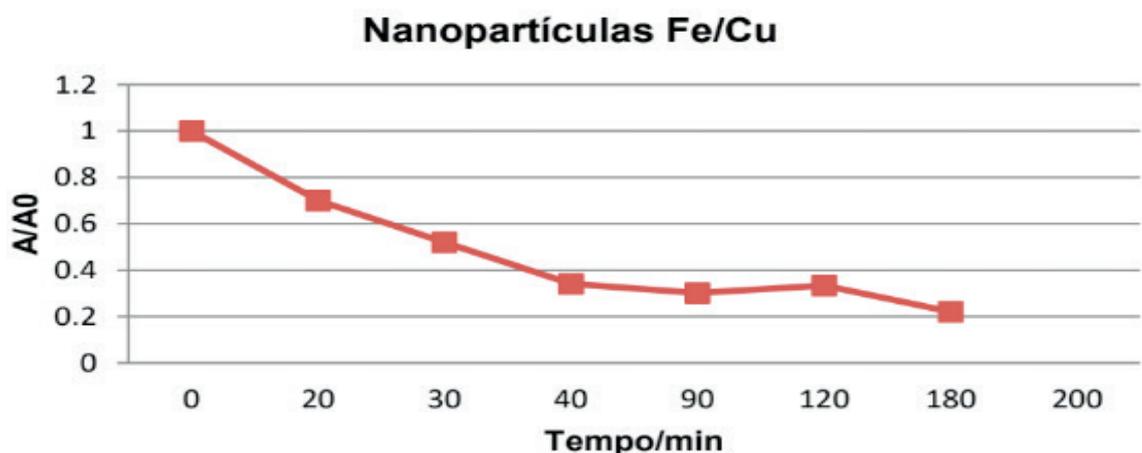


Figura 02 – Taxas de degradação (por GC-MS) do flutriafol em meio aquoso proporcionado pelas nanopartículas de Fe/Cu em função do tempo reacional.

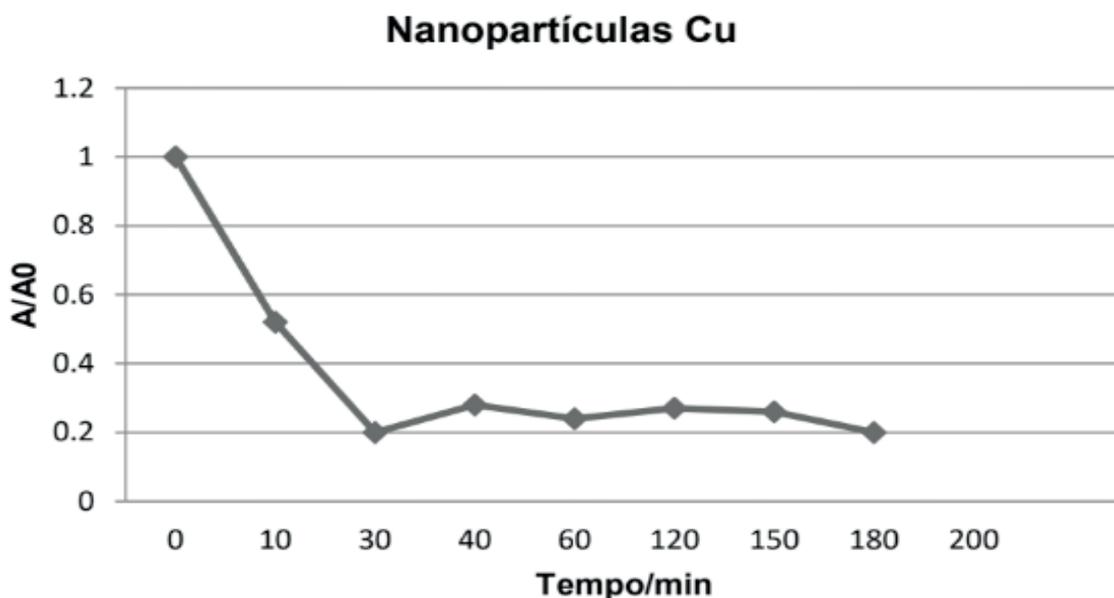


Figura 03 – Taxas de degradação (por GC-MS) do flutriafol em meio aquoso proporcionado pelas nanopartículas de Cu em função do tempo reacional.

Após análise de cada figura verificou-se que as nanopartículas de Fe/Ni causaram uma maior taxa de degradação do fungicida flutriafol, 80,0 % após 20 min de tratamento.

A taxa de degradação do flutriafol na presença das nanopartículas de Fe/Cu foi de cerca de 75,0 % após 40 min de tratamento e com 180 min atingiu-se 80,0 % de degradação.

As nanopartículas de Cu proporcionaram uma taxa de degradação de 80,0 % após 30 min de tratamento, sendo que esta taxa se manteve com 180 min de tratamento.

Ressalta-se que as análises por GC/MS realizadas também no modo SCAN não detectaram nenhum produto de degradação. Desta maneira verifica-se que as nanopartículas utilizadas nesse trabalho tem um grande potencial de degradação do fungicida flutriafol nas condições estudadas.

4 | CONCLUSÃO

Os dados obtidos nesse trabalho permitem concluir que o objetivo de desenvolver uma metodologia de degradação do futriafol nas matrizes de água por aplicação de nanopartículas bimetálicas de Fe/Ni, Fe/Cu e Cu analisadas pela técnica de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas foi alcançado.

A otimização da metodologia de extração do flutriafol de soluções aquosas para análise por GC/MS foi realizada com sucesso utilizando as ferramentas estatísticas de planejamentos fatoriais.

O poder de degradação das nanopartículas no fungicida flutriafol foi comprovado, com destaque para a nanopartícula de Fe/Ni que antgiu uma taxa de 80,0 % com um

tempo de reação mais rápido. E com 180 min de reação os valores de degradação foi acima de 90%.

As nanopartículas de Fe/Cu e Cu também se mostraram promissoras na degradação do flutriafol atingindo, ambas uma taxa de 80,0 % de degradação com 180 min de reação.

Assim, a pesquisa realizada foi de fundamental importância no estudo de alternativas capazes de minimizar problemas ambientais decorrentes da contaminação de rios e lençóis freáticos pelo fungicida flutriafol. O atual trabalho permite agora, ter uma fonte relevante de pesquisa para estudos nessa área que posteriormente deve ser em matrizes de solo.

O trabalho descrito pode ser relevante na elaboração de futuras pesquisas sobre degradação de fungicidas da classe triazol em meio aquoso utilizando nanopartículas de Fe/Ni, Fe/Cu e Cu .

5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as instituições que apoiaram a realização deste projeto: Universidade Federal de Ouro Preto, Universidade Federal do Espírito Santo, Universidade Federal de Viçosa, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) projeto SICONV 793988/2013.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Vicente E. S.; CARNEIRO, Fernando F.; VILELA, Nirlene J.. **Agrotóxicos em hortaliças: segurança alimentar, riscos socioambientais e políticas públicas para promoção da saúde**. Rev. Tempus. Actas em Saúde Coletiva, vol. 4, n. 4, p. 84-99. 2009.

BURDA, C. et al. **Chemistry and Properties of Nanocrystals of Different Shapes**. Chemistry Review, v. 105, p. 1025–1102, 2005.

DELLAMATRICE, Priscila M.; MONTEIRO, Regina T. R.. **Principais aspectos da poluição de rios brasileiros por pesticidas**. Rev. bras. eng. agríc. ambient., Campina Grande , v. 18, n. 12, p. 1296-1301, Dec. 2014 . Encontrado em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662014001200014&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 04 de junho de 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n12p1296-1301>.

DEPARTAMENTO INGLÊS DE COMÉRCIO E INDÚSTRIA (UK Department of Trade and Industry - DTI). **Publicly available specification PAS 71:2005 Vocabulary — Nanoparticles**. Reino unido da Grã Bretanha e norte da Irlanda,2005.

LIU, W. J.; QIAN, T. T.; JIANG, H. **Bimetallic Fe nanoparticles: Recent advances in synthesis and application in catalytic elimination of environmental pollutants**. Chemical Engineering Journal. v. 236, p. 448–463, 2014.

McGrath, M.T.2004. **What are Fungicides. The Plant Health Instructor**. 2012 Trans. Piérri Spolti, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Encontrado em: <<https://www.apsnet.org/edcenter/intropp/topics/Pages/fungicidesPort.aspx>>. Acessado em 05 de junho de 2017.

MAPA-MINISTERIO DA AGRICULTURA PECUARIA E ABASTECIMENTO-MAPA. **Consulta de Ingrediente Ativo**. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/lap_ing_ativo_detalhe_cons?p_id_ingrediente_ativo=12>. Acessado em: 19 de set. 2016.

MINISTERIO DA AGRICULTURA PECUARIA E ABASTECIMENTO: Disponível em:<<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/cafes/cafecultura-brasileira>>. Acessado em: 26 de jul. 2017.

OLIVEIRA, M. A. P., ANTUNIASSI, U. R., **Eficácia do Flutriafol e do Flutriafol + Tiocianato Metílico com gotas finas ou médias no controle da ferrugem asiática da soja**, Revista Energia na Agricultura, v. 26, n.1, p. 94-112, 2011.

OURIQUE, M. F.; Sousa, P. V. F.; Oliveira, A. F.; Lopes, R. P.. **Comparative study of the direct black removal by Fe, Cu, and Fe/Cu nanoparticles**. Springer-Verlag GmbH Germany, parte da Springer Nature 2018. Emcontrado em: <<https://doi.org/10.1007/s11356-018-2842-0>>. Acessado em 19 de jul. 2018.

TEÓFILO, R. F.; Ferreira, M. M. C.. **Quimiometria II: planilhas eletrônicas para cálculos de planejamentos experimentais, um tutorial**. Química Nova, v. 29, n. 2, p. 338-350, 2006.

ANÁLISE TEMPORAL DA PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA DO MUNICÍPIO DE ARROIO DO PADRE/RS, ENTRE OS ANOS DE 2001 E 2016

Alison André Domingues Teixeira

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, PPG em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Porto Alegre – Rio Grande do Sul

Clismam Soares Porto

Universidade Federal de Pelotas, PPG em Geografia, Pelotas – Rio Grande do Sul

Alexandre Felipe Bruch

Universidade Federal de Pelotas, Centro de Engenharias, Pelotas – Rio Grande do Sul

Angélica Cirolini

Universidade Federal de Pelotas, Centro de Engenharias, Pelotas – Rio Grande do Sul

Marciano Carneiro

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, PPG em Engenharia de Minas, Metalurgia e Materiais, Porto Alegre – Rio Grande do Sul

Jéssica Stern Behling

Universidade Federal do Rio Grande, PPG em Engenharia Oceânica, Rio Grande – Rio Grande do Sul

RESUMO: Este artigo objetiva avaliar e descrever os principais processos de evolução agropecuária do município de Arroio do Padre/RS. Primeiramente, foi realizado o levantamento dos dados de produção agropecuária do município, a partir do censo agropecuário do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), os quais foram tabulados e agrupados conforme as chaves de análise, para,

posteriormente, demonstrar graficamente os resultados, facilitando assim a interpretação. O município de Arroio do Padre possui uma economia alicerçada pelo setor agropecuário, sendo que 83,4% da população vive na área rural do município o que propicia uma melhor qualidade de vida e caracteriza o município como predominantemente rural.

PALAVRAS-CHAVE: Produção, Agropecuária, Censo.

ABSTRACT: This article aims to evaluate and describe the main agricultural evolution processes of the municipality of Arroio do Padre / RS. Firstly, a survey of the agricultural production data of the municipality was carried out, based on the agricultural census of the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), which were tabulated and grouped according to the keys of analysis, and then graphically show the results, thus facilitating interpretation. The municipality of Arroio do Padre has an economy based on the agricultural sector, with 83.4% of the population living in the rural area of the municipality, which provides a better quality of life and characterizes the municipality as predominantly agricultural.

KEYWORDS: Production, Agricultural, Census.

1 | INTRODUÇÃO

Os primeiros habitantes da região de Arroio do Padre que se tem registro foram os índios Tapes e Carijós (Tupi-guarani) (MILHEIRA, 2008), já no século XVIII, a tentativa de povoamento nessas regiões pelos povos Portugueses e Espanhóis foram frustradas, em função das péssimas condições do terreno, com áreas cerradas de árvores nativas, o que era impróprio para a criação de gados. Essas terras devolutas passaram a pertencer a latifundiários, e só em 1868 deu-se início à colonização pomerana (BAYSDORF, 2007, p. 69). Esta colonização pomerana fora arranjada para atender às necessidades do governo, em povoar estas áreas que até então eram inóspitas, com o objetivo de torná-las habitáveis e produtivas, tendo como requisito na época, trazer povos com estas características, como os agricultores, sendo que os pomeranos atendiam bem a esse requisito naquela época (BEIERSDORF; WEIDUSCHADT, 2013).

Antes da sua emancipação, Arroio do Padre era um distrito pertencente ao município de Pelotas/RS (Figura 01), formalizado em 1963 pela lei municipal nº 1505. Posteriormente, o antigo distrito ascendeu à categoria de município, quando foi desmembrado de Pelotas e emancipado no ano de 1996, pela lei estadual nº 10738. Após a emancipação política e administrativa conquistada pelos moradores do município de Arroio do Padre, os mesmos assumiram o desafio de se auto administrar, onde o município realizou sua primeira eleição municipal no de 2001 (MUNICIPAL *et al.*, 2015).

Muitas das características e costumes que foram trazidos pelos colonizadores de Arroio do Padre perduram até os dias de hoje, como fica evidente com a forte predominância de seus habitantes na zona rural do município. De acordo com o censo demográfico do IBGE realizado em 2010, a população do município é de 2.730 habitantes, onde mais de 83,4% destes estão presentes na área rural do município, ficando pouco menos de 16,6% na área urbana. Em um município predominantemente rural, a economia e subsistência do mesmo giram em torno da agricultura e pecuária. Vários estudos já demonstraram a importância da produção agrícola no desenvolvimento do país, no Brasil a agricultura é responsável por gerar 24,3% dos empregos, além de ter uma participação de 12% no PIB do país (RONCON, 2011). Sendo assim, o objetivo deste trabalho é avaliar e descrever os principais processos de evolução agropecuária do município de Arroio do Padre/RS.

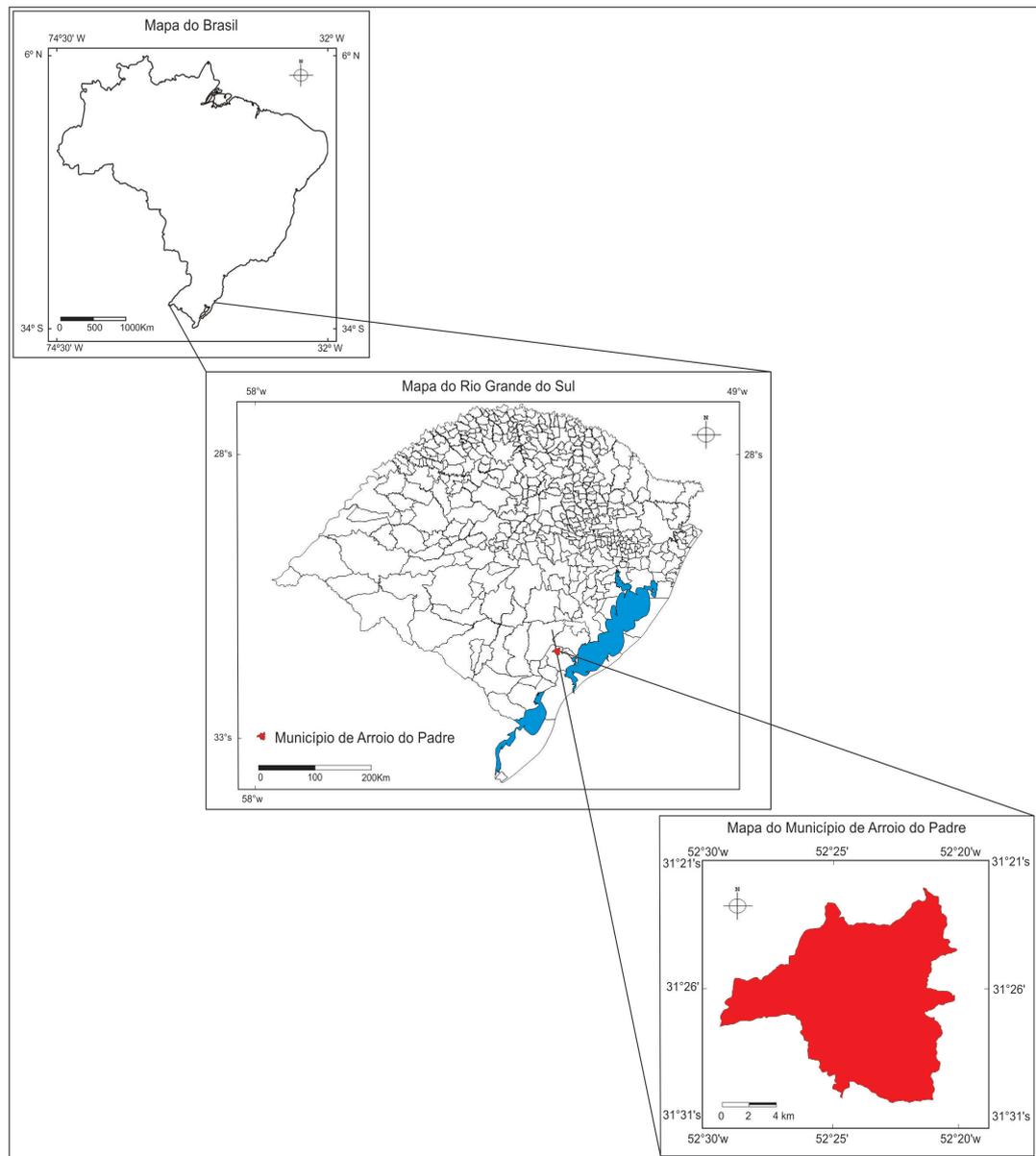


Figura 01 - Localização do município de Arroio do Padre/RS.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento da presente pesquisa, foi realizado o levantamento dos dados de produção agropecuária do município de Arroio do Padre/RS, obtidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) através do censo agropecuário e disponibilizado pela ferramenta de Recuperação Automática (SIDRA). Esta ferramenta permite a seleção de dados para *download* através de chaves de pesquisa e seleção de objetos de análise.

Os dados de produção agrícola e pecuária foram tabulados e agrupados conforme as chaves de análise. Para os produtos agrícolas, os agrupamentos são referentes aos tipos de cultura, sua temporalidade (temporária ou permanente) e quantidades produzidas (em peso e em área plantada). Nos dados de produção pecuária, os agrupamentos foram realizados de acordo com o porte dos animais (grande, médio e pequeno porte). Quantitativamente as análises foram realizadas em número de

cabeças, toneladas ou dúzias produzidas.

Após a obtenção dos dados quantitativos e estes organizados em planilhas, foram gerados os gráficos comparativos visando demonstrar graficamente os resultados, facilitando assim a interpretação.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O total de área plantada registrado pelo levantamento realizado pelo IBGE pode ser visualizado na Figura 02, apresentado em hectares para o município de Arroio do Padre, entre os anos de 2001 a 2016, referente às culturas permanentes. Já a Figura 03 apresenta a área colhida, para os mesmos anos analisados o que demonstrou conformidade com a Figura 02, sem nenhuma alteração.

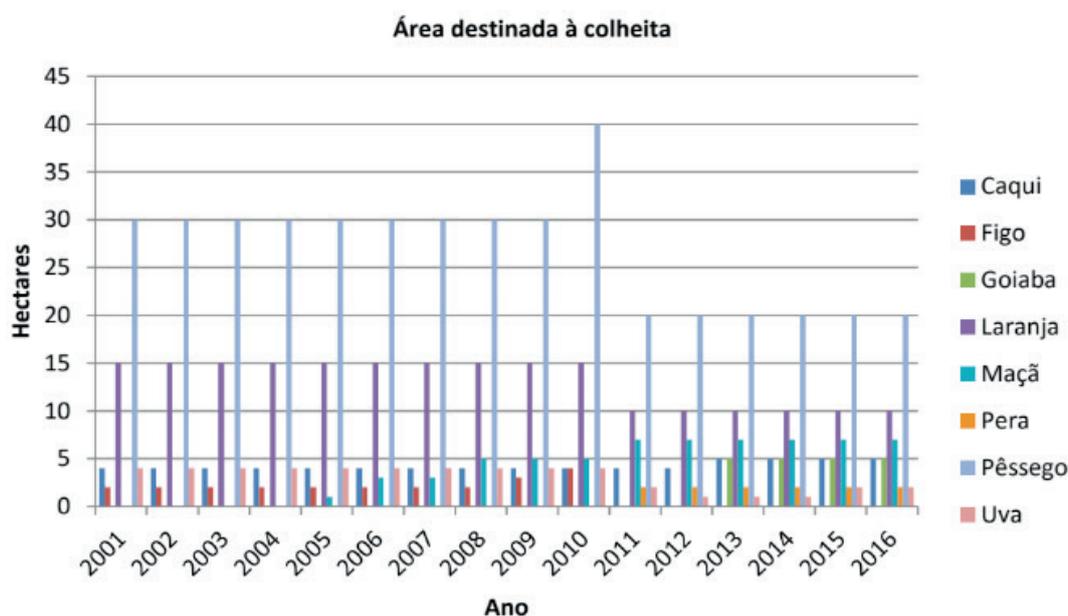


Figura 02 – Áreas destinadas à colheita no município do Arroio do Padre/RS

Fonte: IBGE

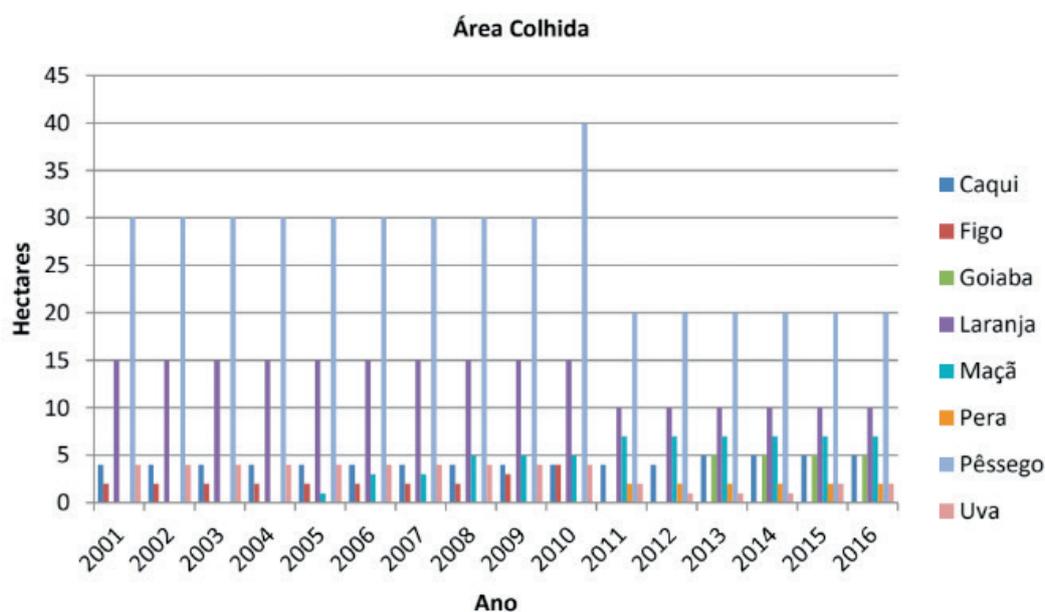


Figura 03 – Área Colhida de lavouras permanentes no município do Arroio do Padre/RS

Fonte: IBGE

A partir destas Figuras (02 e 03) fica evidente que a maior área plantada no município é referente à cultura de pêssego, incentivado pelo alto valor de produção que chegou a mais de 350.000 reais entre os anos de 2001 e 2002 (Figura 04). A partir desses anos o valor de produção do pêssego teve uma baixa considerável, chegando a menos de 100.000 reais em 2006 (Figura 05), resultado da baixa produção no mesmo ano, com apenas 150 ton, cerca de 33,3% a menos que nos anos anteriores onde havia alcançado 450 ton, isso explica a queda do valor da produção em 2006. A partir do ano de 2010 é observado uma queda na área plantada/colhida de pêssego, com apenas 15 ha para os anos de 2011 a 2016, tornando o ano de 2011 o menor registro de quantidade de pêssego colhido, cerca de 32 ton, já em 2016 houve um pequeno aumento, ficando com um total de 79 ton, alcançando um valor de produção em 126.000 reais.

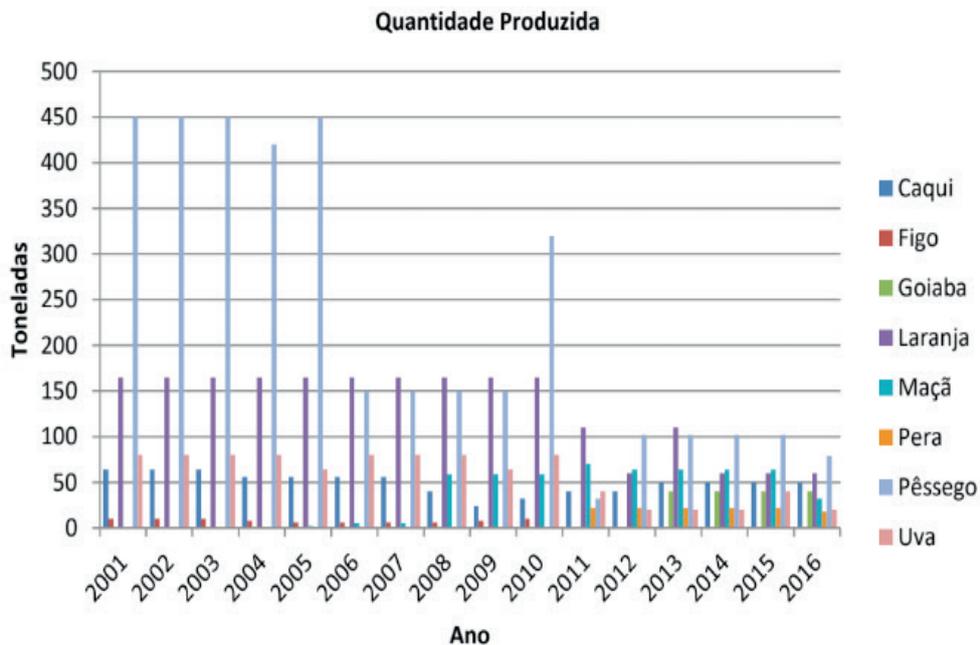


Figura 04 – Quantidade Produzida de lavouras permanentes no município do Arroio do Padre/RS

Fonte: IBGE

A área destinada ao cultivo da laranja também se destaca, foram plantados e colhidos em torno de 15 ha de terra para os anos de 2001 a 2010, a quantidade produzida foi em média 165 ton para estes mesmos anos. A partir do ano de 2010 a quantidade produzida de laranja foi diminuindo, chegando a 60 ton para o ano de 2016. No município, a cultura com o maior rendimento médio de produção é a uva, que para os anos de 2001 a 2015 apresentou baixa variação (Figura 05), mantendo em média um valor de 20.000 kg/há. Nos anos de 2001 a 2010 foi plantado e colhido em torno de 4 ha, com uma queda de 50% de área plantada registrada no ano de 2016.

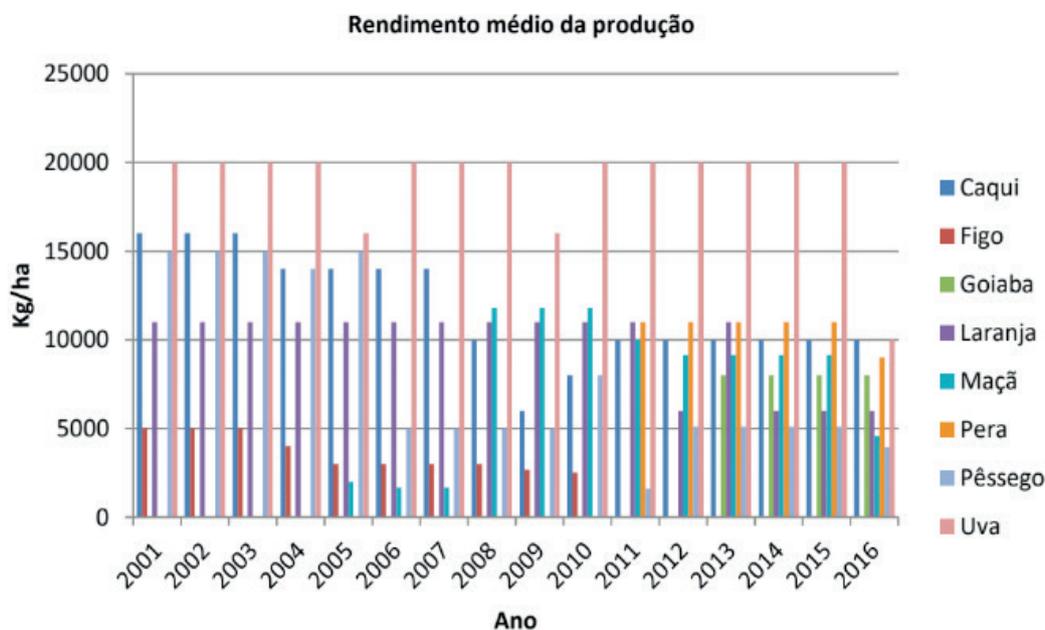


Figura 05 – Rendimento médio da produção no município do Arroio do Padre/RS

Fonte: IBGE

Em termos monetários, no município de Arroio do Padre a cultura do pêsego é a que gera o maior valor de produção, mesmo com a significativa redução nos últimos 10 anos, uma vez que entre os anos de 2001 e 2002 representava 360.000 reais, chegando a 22.000 reais no ano de 2011. A cultura da maçã vem ganhando espaço e mercado na produção do município, sendo que a partir de 2005 inicia-se com valor de produção próximo a 3.000 reais e chega a resultados para o ano de 2014 de 96.000 reais. Neste quesito, outras culturas também merecem destaque, como a pera e o caqui (Figura 06).

Para as culturas temporárias o destaque tanto em área plantada quanto em área colhida, está no cultivo de fumo (Figura 07 e 08), em que a partir de 2003 é possível observar um crescimento, chegando ao seu auge em 2006 com 1.368 ha plantadas/colhidas, desde então se manteve próximo a 1.200 ha de área plantada, totalizando 1.118 ha no ano de 2016. Já a cultura que vem reduzindo significativamente a área plantada e colhida é a do trigo, chegando a valores de zero no ano de 2016.

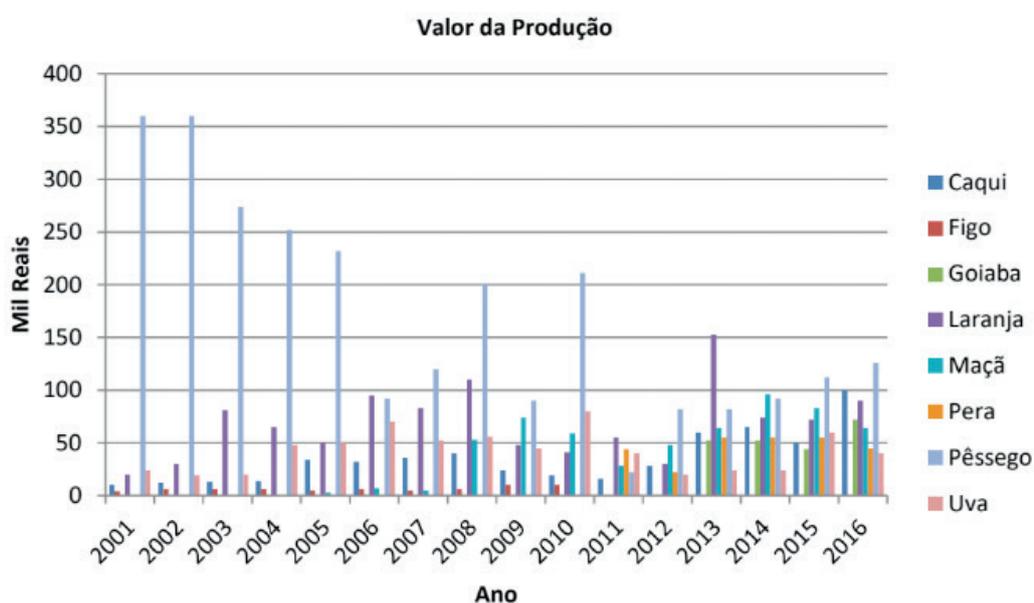


Figura 06 – Valor da produção de culturas permanentes no município do Arroio do Padre/RS

Fonte: IBGE

O cultivo de milho também se destaca, sendo colhida, no ano de 2001 a 2003, uma área de 750 ha (Figura 07 e 08), a partir de então houve uma redução da área plantada de milho, dando lugar à ampliação da área plantada de fumo, conforme comentado anteriormente, sendo que em 2016 a área plantada de milho era de apenas 100 ha. Este declínio influenciou diretamente na quantidade produzida de milho, que obteve seu auge em 2001 com 3.160 ton produzidas, a qual fica mais evidente se comparada com a produção no ano de 2016, que atingiu apenas 300 ton.

Com relação à quantidade de fumo produzida, no ano de 2001 foi encontrada a menor quantidade, com apenas 1.213 ton, já a maior quantidade produzida foi no ano de 2011, com 3.050 ton. Em termos de regressão de quantidade produzida, ouve a queda dos resultados da cultura da batata e do milho (Figura 09).

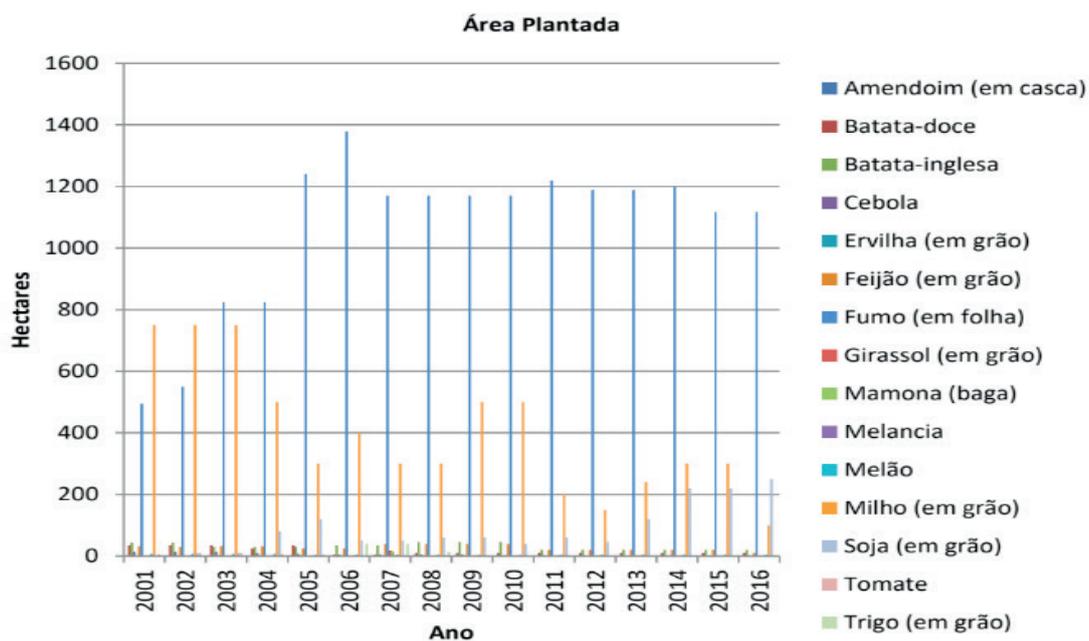


Figura 07 – Área plantada de cultura temporária no município do Arroio do Padre/RS

Fonte: IBGE

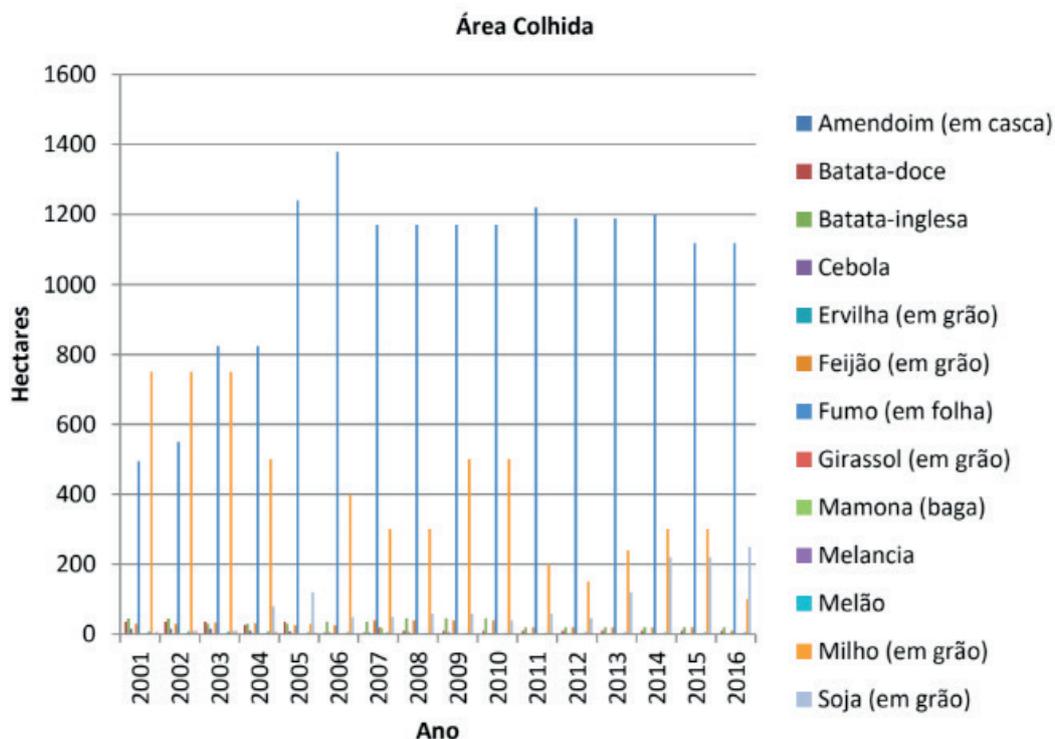


Figura 08 - Área colhida de cultura temporária no município do Arroio do Padre/RS

Fonte: IBGE

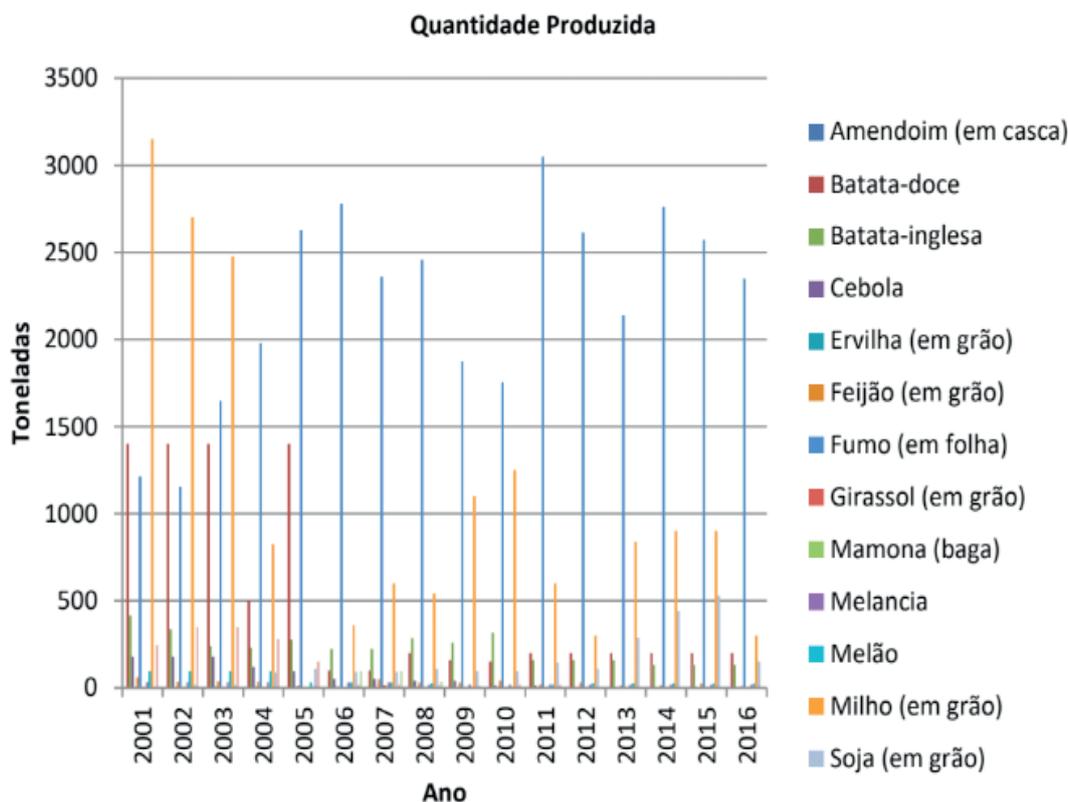


Figura 09 – Quantidade produzida de cultura temporária no município do Arroio do Padre/RS

Fonte: IBGE

O valor da produção de fumo desde 2001 em comparação com o ano de 2016 obteve um visível aumento, onde em 2001 foi de 2.664 mil reais (Figura 10), com seu pico no ano de 2014, com um valor de 23.460 mil reais, sendo que no ano seguinte (2015) apresentou uma pequena queda, mas fechou em alta no ano de 2016 com um valor de 21.141 mil reais.

Em termos de rendimento de produção, a cultura que se destacou pela brusca queda na produção é a de batata-doce que para o ano de 2001 foram produzidos 1.400 ton em uma área de 35 ha, obtendo-se um rendimento médio da produção de 40.000 kg/ha (Figura 11), por outro lado, no ano de 2016 produziu-se apenas 200 ton em 10 ha plantadas.

Já as culturas que apresentam o maior rendimento médio da produção são a batata-doce com 20.000 kg/ha, melancia com 10.000 kg/ha e a batata-inglesa com 5.000 kg/ha (Figura 11).

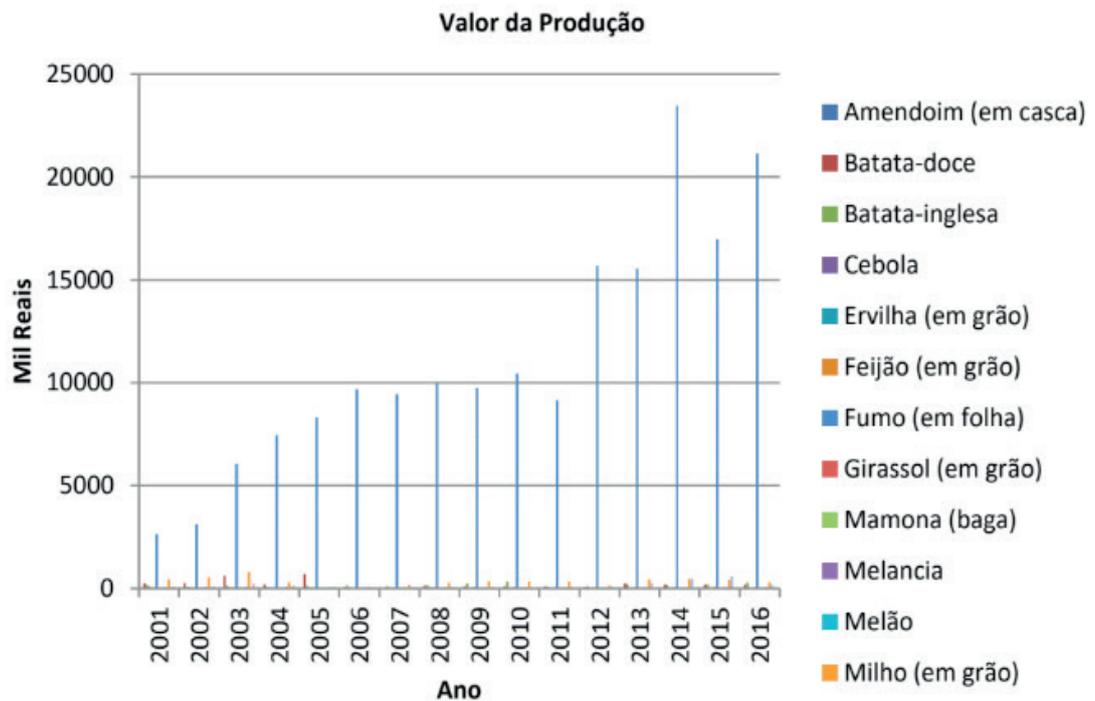


Figura 10 – Valor da produção de cultura temporária no município do Arroio do Padre/RS
 Fonte: IBGE

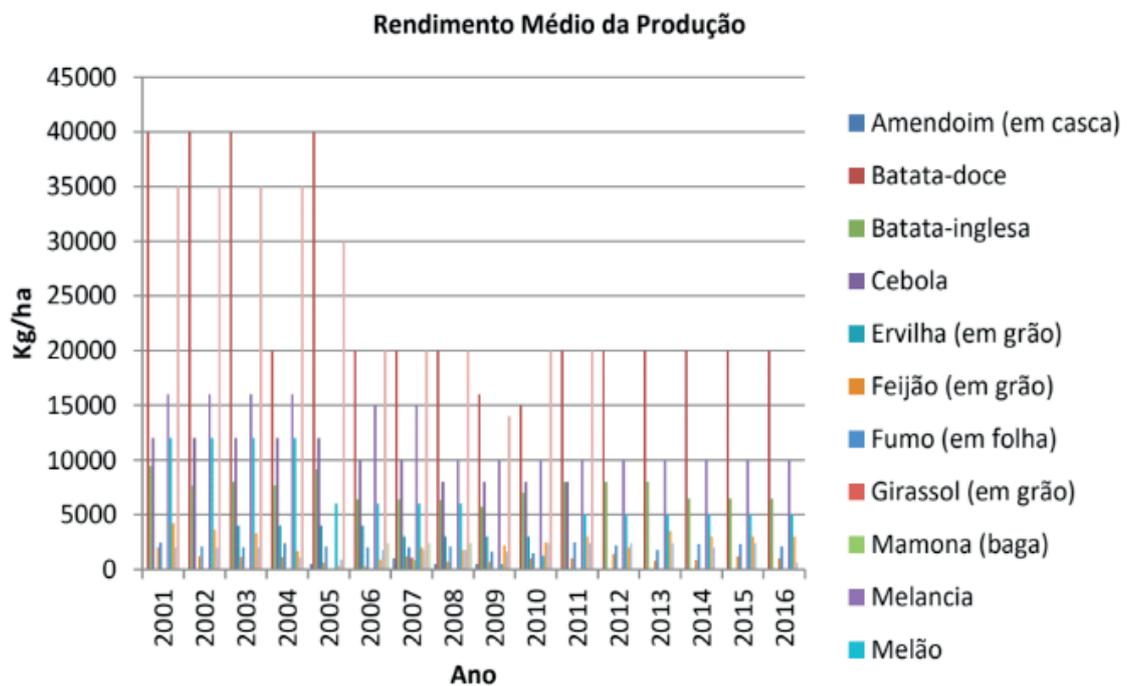


Figura 11 – Rendimento médio da produção de cultura temporária no município do Arroio do Padre/RS
 Fonte: IBGE

A Figura 12 apresenta a análise da produção pecuária do município de Arroio do Padre. Destaca-se o rebanho de galináceos totais, galinhas e bovinos.

A pecuária de pequeno porte apresenta o maior número por cabeças, sendo que em 2001 os galináceos totais (que inclui animais domésticos como a galinha ou

o peru e espécies cinegéticas como as perdizes e faisões) obteve o valor de 54.452 cabeças, com seu pico máximo no ano de 2007 com 99.794 cabeças, a partir do ano 2007 os anos consequentes foram registrados uma queda gradativa, caindo para apenas 11.998 cabeças para o ano de 2016. O número de galinhas analisado de forma individual apresentou conformidade, com uma diferença de 6.574 cabeças entre os anos de 2001 e 2015, já para o ano de 2016 a queda foi considerável, registrando apenas 4.600 cabeças.

Na pecuária de grande porte, os bovinos merecem destaque, com 5.038 cabeças em 2001 e 3.887 cabeças em 2016, gerando uma diminuição de aproximadamente 23%. Apesar da retração do rebanho, este ainda é de suma importância para a economia municipal.

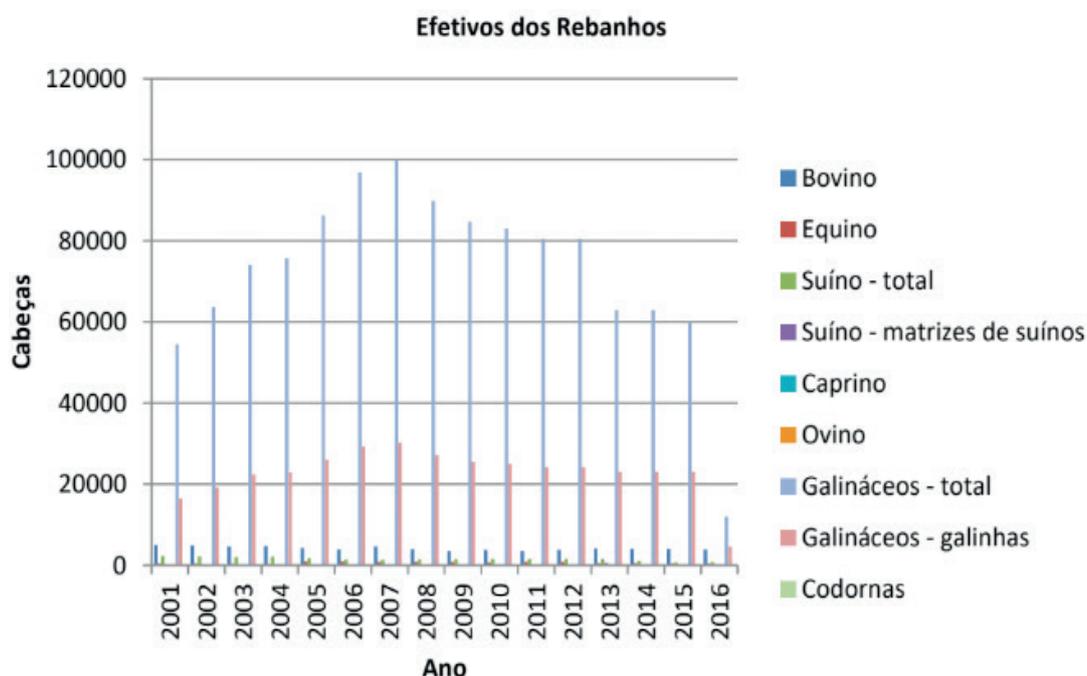


Figura 12 – Efetivo dos Rebanhos no município do Arroio do Padre/RS

Fonte: IBGE

A produção de origem animal com principal destaque, de acordo com a Figura 13, é o Mel de abelha, que iniciou com, aproximadamente, 4.000 kg em 2001, mantendo-se uniforme até 2007, e atingindo seu pico máximo em 2008, onde apresentou uma produção de, aproximadamente, 14.000 kg, decaindo para 10.000 kg no ano de 2016. Outro destaque está na produção de leite que mesmo mantendo-se uniforme nos anos de 2001 até 2011 com uma produção média de 1.500 mil litros, a partir do ano de 2012 obteve um aumento de quase o dobro de produção, fechando o ano de 2016 com uma produção de 3.278 mil litros.

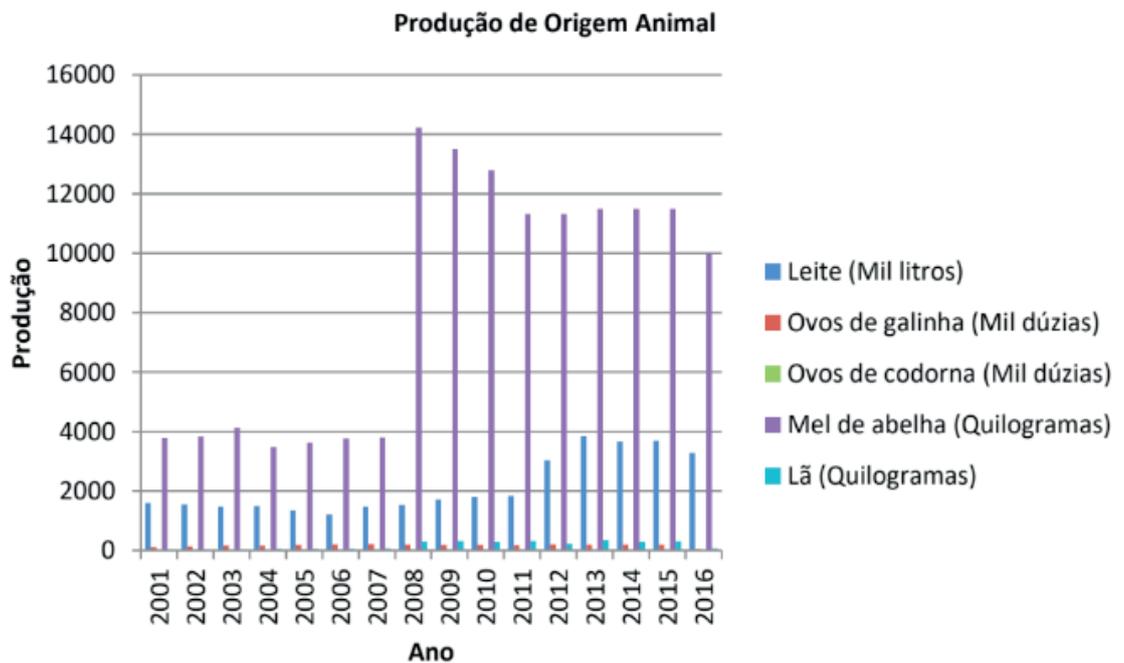


Figura 13 – Produção de Origem Animal no município do Arroio do Padre/RS

Fonte: IBGE

O produto com a maior receita econômica derivado da produção animal é o leite (Figura 14), que desde o ano de 2001 (477.000 reais) obteve um crescimento constante, chegando em 4.097.000 reais para o ano de 2016. Em seguida vem os ovos de galinha que foi registrado 93.000 reais para o ano de 2001 subindo para 518.000 reais para o ano de 2015.

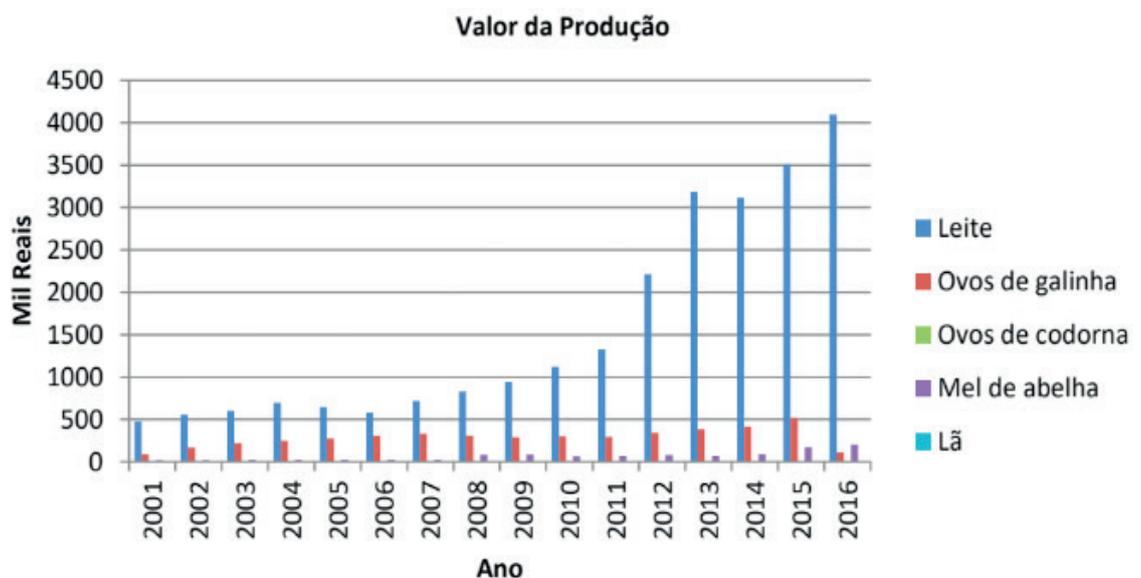


Figura 14 – Valor da Produção Animal no município do Arroio do Padre/RS

Fonte: IBGE

4 | CONCLUSÃO

O setor agropecuário é muito importante para o desenvolvimento econômico do país, em especial os municípios cuja economia é fundamentada no setor primário. Assim, esta pesquisa demonstrou quantitativamente o desenvolvimento do setor agropecuário no município de Arroio do Padre entre os anos de 2001 e 2016. Durante a análise verificou que alguns produtos, tanto culturas permanentes como temporárias, foram sendo substituídos por outros, como a batata, batata-doce e feijão, que deram lugar ao cultivo do fumo, e pêsego, que vem sendo substituído pela cultura permanente da maçã.

Com relação à pecuária do município, o rebanho bovino atingiu ápice no ano de 2007, sendo que a partir desta data houve maior diversificação dos investimentos entre os demais rebanhos ocasionando um decréscimo do número de cabeças de bovinos. Por outro lado, dentre os produtos derivados da pecuária, o mel de abelha recebe destaque desde 2008, reflexo do cultivo da maçã que fornece subsídios para o desenvolvimento da apicultura.

O município de Arroio do Padre possui uma economia alicerçada pelo setor agropecuário, sendo que 83,4% da população vive na área rural do município o que propicia uma melhor qualidade de vida e caracteriza o município como predominantemente rural.

REFERÊNCIAS

BAYSDORF, Nataniel Coswig. **O processo da globalização e os seus impactos na identidade cultural pomerana da comunidade de Arroio do Padre/RS**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia). Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2007

BEIERSDORF, Cássia; WEIDUSCHADT, Patrícia. Arroio do Padre/RS e sua identidade luterana: práticas de educação e cultura de uma comunidade (1950-1960). **Revista Latino-Americana de História**, [s. l.], v. 2, p. 421–437, 2013.

MILHEIRA, Rafael Guedes. Um modelo de ocupação regional Guarani no sul do Brasil. **Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia**, [s. l.], v. 18, n. 2, p. 19–46, 2008.

MUNICIPAL, Prefeitura et al. **Caracterização geral do município**. 2015. Disponível em: <<http://arriodopadre.rs.gov.br/novosite/wp-content/uploads/2015/11/CARACTERIZAÇÃO.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2018.

RONCON, NATALIA. **A importância do setor agrícola para a economia** Orientador : Dr . Reynaldo Campanatti Pereira. Área de Concentração : Ciências Sociais Aplicada. [s. l.], 2011.

MAPEAMENTO DO USO DA TERRA E SEUS CONFLITOS EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NO MUNICÍPIO DE ARROIO DO PADRE, RS

Alison André Domingues Teixeira

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, PPG em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Porto Alegre – Rio Grande do Sul

Clismam Soares Porto

Universidade Federal de Pelotas, PPG em Geografia, Pelotas – Rio Grande do Sul

Angélica Cirolini

Universidade Federal de Pelotas, Centro de Engenharias, Pelotas – Rio Grande do Sul

Alexandre Felipe Bruch

Universidade Federal de Pelotas, Centro de Engenharias, Pelotas – Rio Grande do Sul

Marciano Carneiro

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, PPG em Engenharia de Minas, Metalurgia e Materiais, Porto Alegre – Rio Grande do Sul

Marinêz da Silva

Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico, Santa Maria – Rio Grande do Sul

RESUMO: O estudo do ambiente é uma das temáticas mais desenvolvidas na atualidade, estimulando a inserção de práticas e ações sustentáveis para um eficiente processo de gestão. Sendo assim, esta pesquisa visa realizar um diagnóstico do uso da terra e os conflitos existentes entre as práticas agrícolas e as Áreas de Preservação Permanente (APPs) no município de Arroio do Padre/RS. Para tanto, primeiramente foi realizado o levantamento da

legislação vigente aplicável ao estudo deste ambiente e, conseqüentemente, estas áreas foram mapeadas. Posteriormente efetuou-se o mapeamento do uso da terra a partir de imagens digitais de alta resolução espacial e processamento digital de imagens. Os resultados do uso da terra foram comparados com os mapas da legislação vigente através do processo de álgebra de mapas em ambiente de sistema de informações geográficas. Este estudo demonstra que o uso da terra do município está compartimentado basicamente em áreas florestais, campestres, descobertas, urbanizadas, silvicultura e águas continentais. Já os principais problemas ambientais são os de supressão das matas ciliares em APPs de drenagens e nascentes, causando processos erosivos como ravinamentos. Recomenda-se a recomposição das matas de galeria nas margens de algumas drenagens e ao redor de nascentes.

PALAVRAS-CHAVE: Uso da Terra, APPs, Conflitos Ambientais.

ABSTRACT: The study of the environment is one of the most developed themes today, stimulating the insertion of sustainable practices and actions for an efficient management process. Therefore, this research aims to make a diagnosis of land use and conflicts between agricultural practices and Permanent

Preservation Areas in the municipality of Arroio do Padre/RS. To do so, it was first carried out the survey of the current legislation applicable to the study of this environment and consequently these areas were mapped. Subsequently, land use mapping was performed from high spatial resolution digital images and digital image processing. The results of land use were compared to the maps of the current legislation through the process of map algebra in a geographic information system environment. The results show that the land use of the municipality is compartmentalized mainly in forest, rural areas, discoveries, urbanization, forestry and inland waters. The main environmental problems are the suppression of riparian forests in drainage and springs APPs, causing erosive processes such as ravines. It is recommended to recompose the gallery forests on the banks of some drainage and around springs.

KEYWORDS: Land Use, APPs, Environmental Conflicts.

1 | INTRODUÇÃO

O município do Arroio do Padre tem sua dinâmica de uso da terra diretamente relacionada à colonização do seu território. Os primeiros habitantes dessa região do estado do Rio Grande do Sul foram Índios Tapes e Carijós (Tupi-guarani) que eram caçadores e coletores (MILHEIRA, 2008). Com a colonização europeia, no final do século XIX, houve uma intensa fragmentação dos terrenos inclinados da serra do Tapes, sendo principalmente ocupada por Pomeranos imigrantes da região limítrofe entre a Alemanha e Áustria (BEIERSDORF e WEIDUSCHADT, 2013).

Esse processo de imigração europeia condicionou diretamente as práticas agrícolas, culturas desenvolvidas e mão-de-obra utilizada. Nesse contexto, desenvolveu-se a agricultura familiar, principalmente com o cultivo do fumo e de hortaliças, assim como a criação de frangos. São atividades agropecuárias que necessitam de mão-de-obra pouco qualificada, local e suprida facilmente pela família proprietária das terras.

Visto as dimensões diminutas das propriedades rurais do município de Arroio do Padre, por vezes as Áreas de Preservação Permanente (APPs) não são completamente respeitadas. O código florestal brasileiro regulamenta as APPs com a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012), sendo descritas como áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (PORTO *et al.*, 2016). Algumas APPs também estão atreladas a morfologia e morfometria dos terrenos como em topos de morros, montes, montanhas e serras, com encostas ou partes destas por apresentar declividade superior a 45°; nas restingas; nas bordas dos tabuleiros ou chapadas com altitude superior a 1.800 metros.

Sendo assim, as APPs tem papel de suma importância para a proteção e mantimento de um ambiente ecologicamente equilibrado, frente às crescentes pressões do homem. As APPs protegem os solos e a vegetação, preservando os reservatórios

naturais, evitando as atividades antrópicas danosas, garantindo o reabastecimento dos lençóis freáticos e também a fauna aquática (PORTO *et al.*, 2016).

Perante as intensas pressões do homem sobre o ambiente no município do Arroio do Padre, esta pesquisa objetiva mapear o uso da terra e avaliar as áreas que apresentam conflito com o código florestal vigente. Foram utilizadas técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, aplicando ferramentas de classificação digital de imagens e mapas de distâncias nas drenagens e nascentes do município.

2 | METODOLOGIA

O município de Arroio do Padre está localizado na porção extremo sul do estado do Rio grande do Sul, entre as coordenadas geográficas de 31°19'11" e 31°48'05" de latitude sul e 52°00'33" e 52°36'45" de longitude oeste (Figura 01). O município está assentado sobre terrenos da província geomorfológica do Escudo Sul-riograndense, com formas predominando entre morros e colinas. A área mapeada do município é de 124,3 km².

Para o desenvolvimento desta pesquisa, primeiramente realizou-se o *download* de 42 imagens orbitais disponibilizadas pelo programa *Google Earth Pro*. As imagens foram salvas no formato *Target Image File Format* (TIFF) visando preservar as características geométricas e resolução espacial. As imagens foram convertidas para o formato nativo SPG do Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas (SPRING 5.5).

No SPRING, foi criado um banco de dados geográfico e um projeto com os limites da área de estudo. Como sistema de referência geodésico utilizou-se o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS).

Mapa de Localização do Município de Arroio do Padre, RS

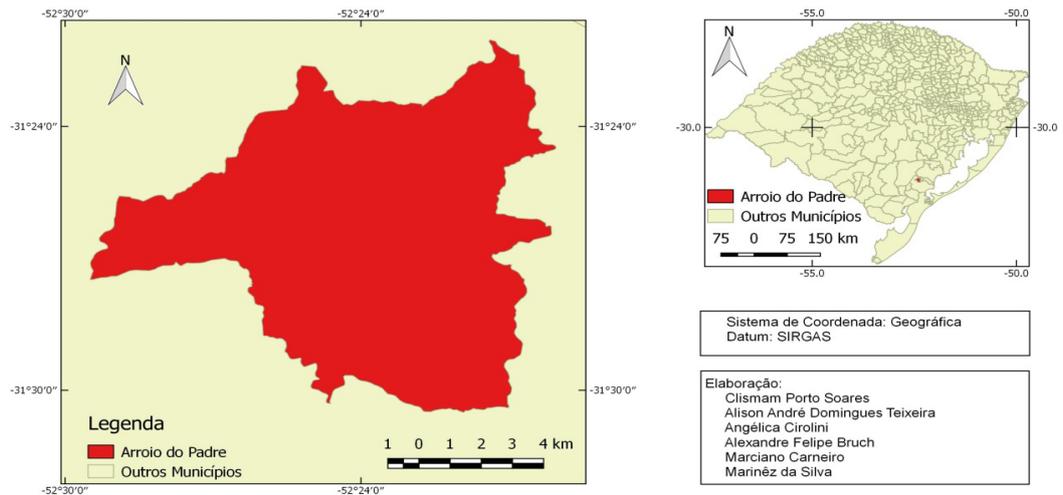


Figura 01: Mapa de localização do município de Arroio do Padre

Por conseguinte, cada uma das imagens foi georreferenciada com 5 pontos de controle obtidos em campo, com auxílio de receptor de sinal do Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS) de simples frequência L1. O Erro Quadrático Médio aceito para esta etapa foi de uma unidade de pixel ou menor ($RMS \leq 1$), conforme Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC). Após as 42 imagens estarem georreferenciadas, as mesmas foram importadas para o banco de dados geográfico, onde foi aplicada a técnica de mosaico baseado em coordenadas. Nesta técnica, o algoritmo realiza o mosaico tendo por base as coordenadas homólogas entre as imagens, gerando uma imagem única. Para a delimitação da área de interesse foi realizado o recorte da imagem mosaicada a partir da malha limítrofe do município do Arroio do Padre, disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

A próxima etapa foi a realização da classificação digital da imagem através da técnica supervisionada. Essa técnica requer do operador, conhecimentos prévios das classes dos alvos, ou seja, as classes de interesse devem ser pré-fixadas com base na experiência e conhecimento da área (KURY e VIEIRA, 2001). Sendo assim, com base no Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (2013) foram definidas as classes: Águas continentais, Áreas Urbanizadas, Campestres, Florestais, Silvicultura e Áreas Descobertas. A avaliação da acurácia dos resultados foi calculada na análise do índice Kappa, pois, estatisticamente, resultados acima de 80% indicam uma baixa confusão entre as classes (JENSEN, 2009).

Para a geração do mapa de APPs foram vetorizadas as drenagens e nascentes do município e aplicada a técnica conhecida como mapa de distâncias ou *buffer*, onde é delimitada uma região poligonal tendo por base a distância com uma linha ou ponto de referência. Os pontos de referência são as nascentes ou olhos d'água e as linhas de

referência são as drenagens. Cabe destacar que o código florestal brasileiro preconiza a largura ou raio da APP conforme Tabela 01.

Largura da APP	Largura da drenagem
30m	Com menos de 10m
50m	De 10m a 50m
100m	De 50m a 200m
200m	De 200m a 600m
500m	Com mais de 600m
Raio da APP	Nascentes e Olhos D'Água
50m	Qualquer dimensão

Tabela 01: Parâmetros de APP do código florestal (BRASIL, 2012).

Pela dificuldade de estabelecer um modelo numérico do terreno acurado, as APPs de cunho geomorfológico e/ou morfométricos foram desconsideradas nesta pesquisa.

3 | RESULTADOS

A tipologia do uso do solo no município de Arroio do Padre/RS está intrinsecamente ligada à origem de sua colonização. A maior parte da sua população é de descendente de alemães e poloneses que migraram para estas terras em meados do século XIX (SCHÄFFER, 2004).

As características étnicas da população direcionaram e condicionaram o desenvolvimento das práticas agrícolas, principalmente se utilizando de mão-de-obra familiar e pequena propriedade. Nessa conjuntura prevalecem as práticas da agricultura familiar, consorciadas com a pecuária leiteira e a criação de frangos de corte e postura.

Partindo destes pressupostos, os resultados gerados no mapeamento de uso da terra evidenciam a compartimentação dos lotes do município. A maioria das propriedades apresenta dimensões inferiores a 50 hectares gerando paisagens no formato de mosaico, sendo que geralmente os limites das propriedades são demarcados em feições físicas, como drenagens e topos de morros, o que favorece a proteção destas áreas.

Já na análise do uso da terra, ficou evidente que o município ainda apresenta uma significativa área de Mata Atlântica preservada, principalmente nas áreas com maiores altitudes e declividades. Esta tipologia está representada pela Floresta Estacional Semidecidual, com vegetação secundária sem palmeiras, sendo enquadrada na classificação do IBGE (2013) como Áreas Florestais (Figura 02), ocupando uma área de 7.303,55 ha.



Figura 02: Áreas florestais

As áreas Campestres (Figura 03) do município do Arroio do Padre são encontradas principalmente em regiões mais planas, nos vales das drenagens e recobrimdo os terrenos geomorfologicamente denominados de Planalto Rebaixado Marginal (MEURER e FLACH, 2015). São áreas com vegetação rasteira, predominantemente de gramíneas típicas encontradas no bioma Pampa, num total de 4.979,16 ha.



Figura 03: Áreas campestres

As áreas Descobertas (Figura 04) referem-se em geral às planícies de inundação dos arroios Corrientes, Quilombo e Pimenta, além de terras preparadas para o cultivo de culturas temporárias. Também foram enquadradas nesta classe as áreas de solo exposto para o tráfego de veículos ou estradas rurais com revestimento solto. Esta unidade apresentou uma área mapeada de 112,80 ha.

As áreas Urbanizadas (Figura 05) estão representadas pelas ruas pavimentadas e edificações construídas no sítio urbano do município. Em geral, são residências

de um ou dois pavimentos, de uso uni ou multifamiliar, contendo também galpões e pavilhões típicos do interior do Rio Grande do Sul. Esta unidade apresentou uma área de 32,56 ha.



Figura 04: Áreas descobertas



Figura 05: Áreas urbanizadas

As áreas com Silvicultura (Figura 06) apresentam uma área diminuta no município. Geralmente são áreas cultivadas com espécies exóticas predominando o *Pinus* e o *Eucalipto*. O *Pinus* é utilizado principalmente na indústria madeireira para a confecção de tábuas e caibros com fins de suporte e estruturas na construção civil. Já o *Eucalipto* é utilizado, na maioria das vezes, pelos próprios proprietários das terras como recurso calorífico em fornos de secagem de folhas de fumo.



Figura 06: Silvicultura

Por fim, tem-se a classe identificada como águas continentais, a qual representa os cursos d'água que drenam o município de Arroio do Padre (Figura 07). Estas drenagens são partes integrantes das bacias dos arroios Andrade, Corrientes, do Padre, Pimenta, Quilombo, Quilombinho e Touro. As águas continentais foram delimitadas com base nos limites dos leitos menores dos arroios supracitados, recobrando um total de 22,08 ha. A Tabela 02 resume as áreas e classes encontradas na área de estudo e a Figura 08 apresenta o mapa de uso da terra do município.



Figura 07: Drenagem perene das águas continentais

Uso da Terra	Área em hectares
Áreas Florestais	7.303,55
Áreas Campestres	4.979,16
Áreas Descobertas	112,80

Áreas Urbanizadas	32,56
Silvicultura	26,91
Águas continentais	22,08
Total	12.477,06

Tabela 02: Classes e áreas de uso da terra do município de Arroio do Padre/RS

De posse do mapa de uso da terra do município de Arroio do Padre, foram delimitadas as APPs e elaborados os mapas de conflito através da técnica de álgebra de mapas. A área total de APPs encontradas no município foi de 1.579,94 ha, sendo 393,64 ha referentes às APPs de 15 m das áreas de domínio das rodovias, 1.134 ha são de APPs de 30 m, as quais margeiam as drenagens e 52,3 ha são de APPs de 50 m ao redor das nascentes ou olhos d'água. Não foram encontradas drenagens com largura média superior a 10 m, gerando assim apenas APPs de drenagem com 30m. A Figura 09 apresenta o mapa com a delimitação das APPs.

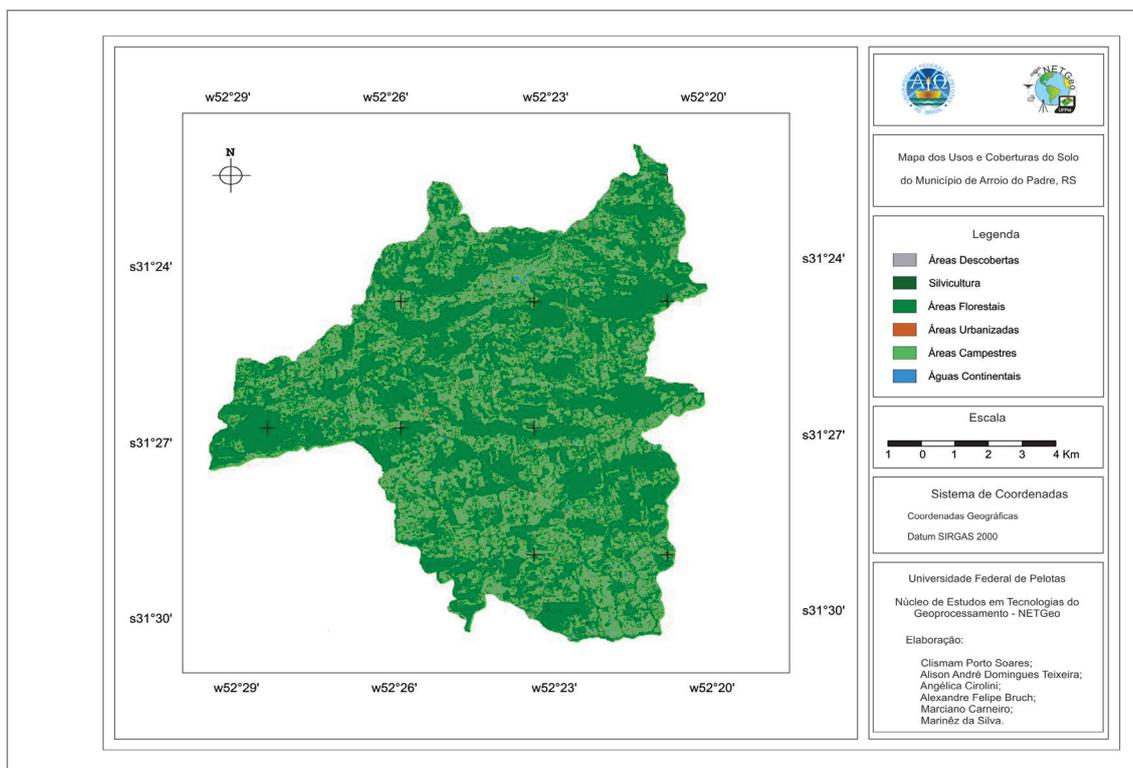


Figura 08: Mapa de uso da terra do município de Arroio do Padre/RS

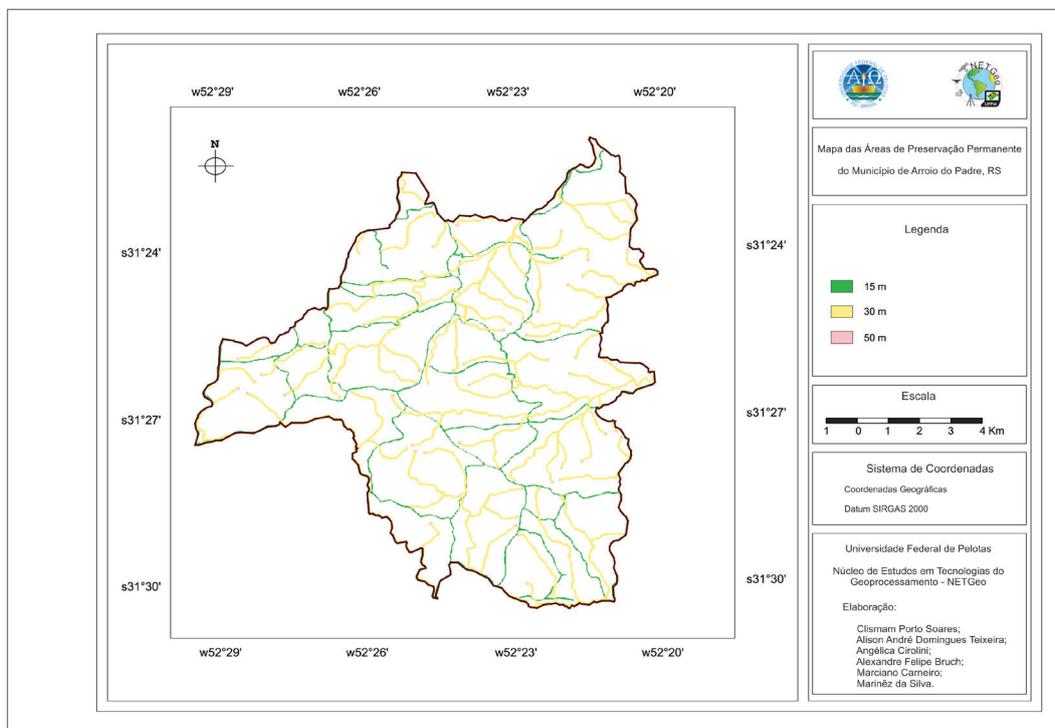


Figura 09: Mapa com as APPs delimitadas no município de Arroio do Padre/RS

Já os conflitos entre o uso da terra e as APPs estão exemplificados principalmente nas margens das drenagens, não respeitando assim, as matas ciliares em faixas de 30 m (Figura 10). Em geral, foram retiradas as matas de galeria para o desenvolvimento de culturas temporárias como o fumo, maximizando o uso das terras. No interior do Rio Grande do Sul essa prática é comum, visto que as propriedades apresentam dimensões reduzidas com o desenvolvimento da agricultura familiar, e por vezes a legislação ambiental não é integralmente obedecida. Foram encontrados 12,02 ha com solo exposto ou culturas temporárias em APPs de drenagem (Figura 11).

As APPs de nascentes em vários pontos também foram suprimidas dando lugar principalmente as pastagens e a algumas culturas temporárias. No caso das pastagens, estas em geral são utilizadas para a alimentação do gado, preponderantemente, o leiteiro. Cabe destacar, que é de suma importância a proteção das APPs de nascentes, visto que nestes pontos existe a surgência natural da água, através do afloramento da mesma em fraturas das rochas locais e a preservação da mata nestes pontos dificulta a instalação de ravinamentos e processos erosivos (Figura 12). A área de conflito entre as APPs e pastagens ocupa 495,65 ha.

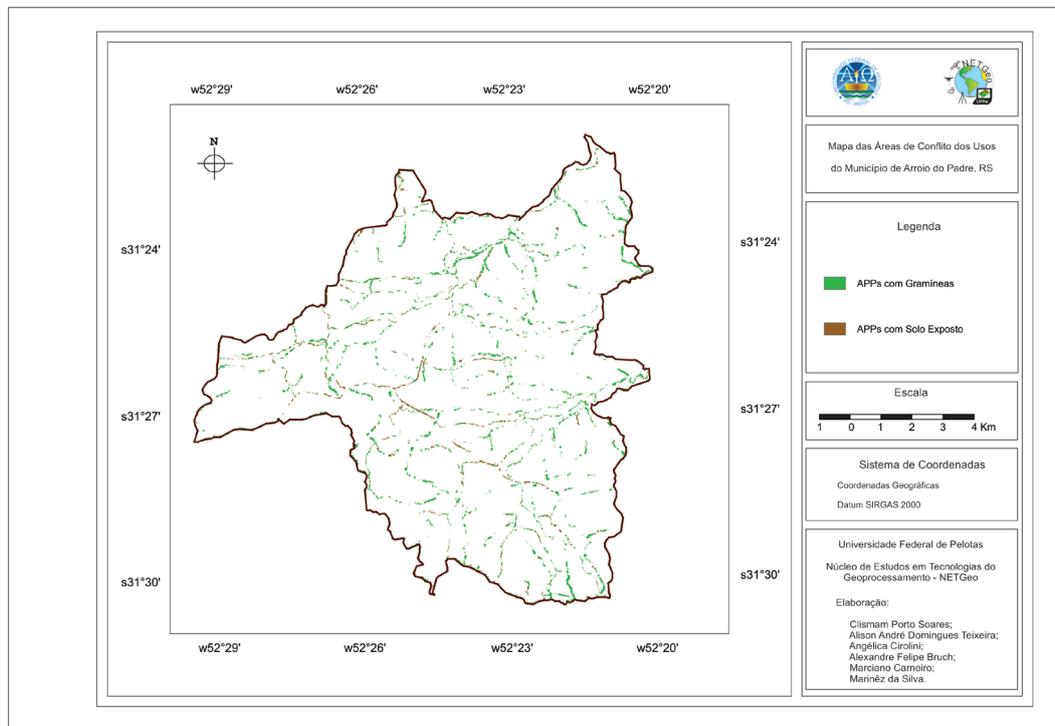


Figura 10: Mapa de conflitos entre APPs e uso da terra no município de Arroio do Padre/RS



Figura 11: Supressão da Mata ciliar para expansão das áreas com culturas temporárias



Figura 12: Supressão da Mata ciliar em nascentes com o desenvolvimento de ravinamentos

4 | CONCLUSÕES

Os resultados deste trabalho demonstram que ainda existem áreas com mata Atlântica preservadas, principalmente nas encostas das colinas e morros mais íngremes, sendo a cobertura da terra mais presente no município, seguida das áreas com gramíneas. Apesar de não terem sido individualizadas, as áreas com culturas temporárias estão conjugadas com as gramíneas, visto o período do ano das imagens, onde as terras estão em repouso. Também vários locais apresentaram áreas com solo exposto, o que demonstra a falta de práticas conservacionistas, evitando assim a degradação dos solos agricultáveis.

Contudo, na temática dos conflitos ambientais em APPs, os principais problemas estão concentrados próximos às drenagens, com supressão da mata ciliar, assim como ao redor de nascentes de importantes cursos d'água. Em alguns locais já se encontram processos de erosão hídrica e ravinamentos instalados, recomendando-se a recomposição arbórea destas áreas, assim como a imposição de restrições ao uso agrícola.

REFERÊNCIAS

BEIERSDORF, C. e WEIDUSCHADT, P.. Arroio do Padre/RS e sua identidade luterana: práticas de educação e cultura de uma comunidade (1950-1960). **Revista Latino-Americana de História**, [s. l.], v. 2, p. 421–437, 2013.

BRASIL, **Código Florestal**. Lei n.12651 de 25 de maio de 2012.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 598 p. Tradução da segunda edição.

KURY, E. B. e VIEIRA, C. A. O. **Classificação automática de imagens de alta resolução**. In UFVGE (2001). Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto , p. 261. Acessado em: 25 abr. 2015.

MEURER, M. e FLACH, C. W. **A Geomorfologia do município de Arroio do Padre – RS e as suas relações com as Alterações Geomorfológicas da Enxurrada de 15 de novembro de 2010. Pelotas, RS**. Ciência e Natura, Santa Maria, v. 37 n. 3 set-dez. 2015, p.311-328.

MILHEIRA, R. G.. Um modelo de ocupação regional Guarani no sul do Brasil. **Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia**, [s. l.], v. 18, n. 2, p. 19–46, 2008.

SCHÄFFER, N. O. **Os Alemães no Rio Grande do Sul**: dos números iniciais aos censos demográficos. In: Os Alemães no Sul do Brasil. Canoas: Editora da ULBRA,2004

AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO CORPORAL DOS CÃES DOMICILIADOS DO MUNICÍPIO DE REALEZA/PR

Jhenifer Cintia Beneti

Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus*
Realeza, Paraná

Anne Caroline de Aguiar Pesenti

Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus*
Realeza, Paraná

Andressa Silveira dos Santos

Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus*
Realeza Paraná

Glauco Eleutherio da Luz

Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus*
Realeza Paraná

Everton Artuso

Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus*
Realeza Paraná

Luciana Pereira Machado

Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus*
Realeza Paraná

RESUMO: A avaliação da condição corporal é fundamental na rotina clínica veterinária, desta forma o objetivo deste trabalho foi avaliar a condição corporal de cães domiciliados no município de Realeza/PR, analisando três métodos diagnósticos, o escore de condição corporal (ECC), índice de massa corporal canina (IMCC) e a porcentagem de gordura corpora (%CG). Foram analisados 331 cães, 166 machos e 165 fêmeas, com idade superior a um ano. O ECC avaliado por meio da escala

padrão de Laflame, o IMCC segundo fórmula de Muller, e a %CG obtido por cálculo que envolve o peso e medidas morfométricas. Utilizou-se o software Statistisc – Version 20 e os teste foram realizados conforme a variável. No presente estudo predominou a condição corporal ideal, com o ECC 5 (peso ideal), com média de $5,48 \pm 0,99$ para fêmeas e $5,47 \pm 0,84$, IMCC de $13,67 \pm 6,03$ em fêmeas e em machos $13,84 \pm 6,24$, já o %CG em fêmeas foi de $16,94 \pm 7,78$ e machos $14,75 \pm 5,72$. Quanto aos fatores que estão diretamente relacionados ao ganho de peso, observou-se que predominou maior %CG em fêmeas, animais hiperativos apresentaram menor %CG que animais agressivos e animais de porte médio apresentaram maior IMCC e %CG que animais de porte pequeno. Conclui-se que no município de Realeza/PR predominam cães com condição corporal normal e que ambos os métodos de IMCC, ECC e CG% podem ser utilizados para avaliação da condição corporal e diagnóstico da obesidade.

PALAVRAS-CHAVE: obesidade, sobrepeso, escore corporal, caninos.

ABSTRACT: The purpose of this study was to evaluate the body condition of dogs domiciled in the city of Realeza / PR, analyzing three diagnostic methods, the body condition score (ECC), index canine body mass index (BMI) and

percentage of body fat (% CG). A total of 331 dogs, 166 males and 165 females, aged over one year, were analyzed. The ECC was evaluated using the standard Laflamme scale, the IMCC according to the Muller formula, and the % CG obtained by calculation involving weight and morphometric measurements. Statistisc - Version 20 software was used and the tests were performed according to the variable. In the present study, the ideal body condition prevailed with ECC 5 (ideal weight), with a mean of 5.48 ± 0.99 for females and 5.47 ± 0.84 , IMCC of 13.67 ± 6.03 for females and in males 13.84 ± 6.24 , the % CG in females was 16.94 ± 7.78 and males 14.75 ± 5.72 . Regarding the factors that are directly related to the weight gain, it was observed that a higher percentage of CG was predominant in females; hyperactive animals had a lower CG% than aggressive animals and medium-sized animals had higher MCI and CG% than small animals. It was concluded that dogs with normal body condition predominate in the municipality of Realeza / PR and that both IMCC, ECC and CG% methods can be used to assess body condition and diagnosis of obesity.

KEYWORDS: obesity, overweight, body score, canines.

1 | INTRODUÇÃO

A avaliação da condição corporal é fundamental para diagnóstico de obesidade, muitos proprietários subestimam a condição de seus cães, além de ser um importante indicador de afecções e da própria nutrição (APTEKMANN et al, 2014).

2 | OBJETIVO

O objetivo caracterizar a condição corporal dos cães domiciliados da cidade de Realeza PR.

3 | METODOLOGIA

O estudo foi realizado em cinco bairros do município de Realeza/PR, por amostragem estatística aleatória, com 331 cães com idade superior a um ano de 331 domicílios. O projeto foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (018/CEUA/UFFS/2016) e os tutores assinaram termo de consentimento livre e esclarecido.

O escore de condição corporal (ECC) foi avaliado com base na palpação e visualização do animal conforme a escala de Laflamme (APTEKMANN et al, 2014), que varia de 1 a 9, sendo 1, 2 e 3 muito magro; 4 e 5 ideal, 6 e 7 sobrepeso e 8 e 9 obeso. Para avaliação do índice de massa corporal canina (IMCC), levou-se em conta a medida da coluna vertebral e o peso do animal. Para a porcentagem de gordura corporal (%CG), considerou-se a circunferência pélvica (CP) e a distância entre a

tuberosidade do calcâneo e a patela (CL), utilizou-se a seguinte fórmula: para fêmeas $1,7(CL)+0,93(CP)+5$ e para machos $1,4(CL)+0,77(CP)+4$.

Utilizou-se o software IBM Statistisc – Version 20, aplicando-se conforme tipo de variável os testes t de Student, ANOVA, Levene, Tukey, teste U de Mann-Whitney e teste H de Kruskal-Wallis. Foi avaliada correlação de Pearson e Spearman, todos com nível de confiança de 95%.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os cães do município de Realeza/PR apresentaram condição corporal média classificada como ideal. Os resultados do ECC e do IMCC demonstram valores médios dentro da faixa de normalidade, no caso da CG% os resultados foram limítrofe entre magro e ideal (Tabela 1).

Método	Sexo	N	Média	Desvio Padrão
IMCC	Fêmea	165	13,50	5,84
	Macho	166	13,84	6,24
%CG	Fêmea	165	16,94a	7,78
	Macho	166	14,75b	5,72
ECC	Fêmea	165	5,48	0,99
	Macho	166	5,47	0,84

Tabela 1: Média, desvio padrão do ECC, IMCC e CG de 331 cães do município de Realeza/PR, avaliando-se o efeito do sexo dos animais

N: número de animais; IMCC: índice de massa corporal canina; CG%: porcentagem de gordura; EC: escore de condição corporal. Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste t ($p=0,004$).

Foi observado efeito do sexo na condição corporal, na variável %CG ($p=0,004$) (Tabela1). Não foi observado efeito da gonadectomia na condição corporal, diferente de Aptekalman (2014), possivelmente a ausência de efeito deve-se ao pequeno número de animais castrados na população avaliada (16,62%).

Em relação ao ECC, observou-se em 57,09 % peso ideal e 33,53% sobrepeso, no IMCC, 38,97% dos cães foram classificados como abaixo do peso. Na %CG predominaram os escores magro 50,75% e ideal 39,57%, estando a maioria destes limítrofes entre magro e ideal. Apesar da aparente divergência houve correlação positiva entre todos os métodos. Encontrou-se correlação positiva fraca significativa pelo teste de Pearson para as variáveis IMCC e %CG ($r=0,258$; $p=0,001$) e pelo

teste de Spearman entre IMCC e ECC ($r=0,279$; $p=0,0001$) e IMCC e %CG ($r=0,493$; $p=0,0001$).

Witzel (2014), também observaram correlação direta entre os métodos diagnósticos ECC, IMCC e CG%, correlacionando com o método DEXA (absotimetria de raios x em duas energias), indicando que os três métodos podem ser utilizados. O mesmo foi observado por Jeusette (2010), porém observou-se que a raça e a genética influenciam diretamente no escore dos animais, diferentemente do presente estudo, no qual predominaram animais sem raça definida, não sendo possível estabelecer relação com raça.

Não foi observada diferença significativa entre administração de vermífugo, fracionamento de ração, categoria da ração, frequência da alimentação, fornecimento de petiscos, frequência dos petiscos, atividade física, tipo da atividade física, frequência da atividade física, ambiente e idade. Diferentemente de Nunes (2016), que observou efeito da idade.

Houve efeito significativo ($p<0,05$) do porte no IMCC, com maior IMCC em animais de porte médio ($15,34\pm 7,33$) em relação ao porte pequeno ($12,91\pm 5,34$), o mesmo ocorrendo na %CG. Gama (2016), observou que o porte e o peso influenciam sobre o escore, oscilando principalmente em animais de pequeno porte. Não houve efeito do porte no ECC, indicando ser o mais adequado para avaliação da condição corporal. Sugere-se a necessidade de estabelecimento de valores de referência dos índices de IMCC e %CG para cada porte.

Verificou-se menor %CG e ECC nos animais de temperamento hiperativo em relação aos agressivos, provavelmente pelo maior gasto calórico nos hiperativos.

5 | CONCLUSÃO

Nos cães de Realeza/PR predomina a condição corporal ideal. Quanto aos fatores que influenciam a condição corporal, o sexo feminino, porte médio e temperamento agressivo demonstraram maior tendência ao desenvolvimento da obesidade. Os três métodos, IMCC, %CG e ECC, podem ser utilizados no diagnóstico da condição corporal, sendo que o ECC não é influenciado pelo porte dos animais.

REFERÊNCIAS

Aptekmann KP, Suhett WG, Junior AFM, Souza GB, Tristão APPA, Adams FK, et al. **Aspectos nutricionais e ambientais da obesidade canina**. Ciência Rural; 2014; 44: 2039-2044.

Gama FF, Leite MAS, Escodro PB, Notomi MK. **Avaliação da condição corpórea em cães utilizando o índice de massa corpórea (IMC) e escore de condição corpórea (ECC)**. Ciência Veterinária nos Trópicos; 2016; 19: 19- 25.

Jeusette I, Greco D, Aquino F, et al. **Effect of breed on body composition and comparison between various methods to estimate body composition in dogs**. Revista Veterinary Science;

2010; 88:227–232.

Nunes J, Olivenci R, **Contribuição para o estudo da dinâmica de populações de cães e gatos do Município de Jaboticabal.** Arquivos de ciência da saúde-UNIPAR; 2016; 20: 9-18.

Witzel AL, Kirk CA, Henry GA, Toll PW, Brejda J, Paetau-robinso I. **Use of a morphometric method and body fat index system for estimation of body composition in overweight and obese cats.** Journal of the American Veterinary Medical Association; 2014; 11: 1285-1290.

IMPACTO DO TURISMO SOBRE A HIDROGRAFIA DO PARQUE ESTADUAL MARINHO DE AREIA VERMELHA, CABEDELO/PB: CONTRIBUIÇÕES PARA GESTÃO AMBIENTAL

Daniel Silva Lula Leite

Universidade Federal da Paraíba, Mestrando
no Programa de Pós-Graduação em
Desenvolvimento e Meio Ambiente
João Pessoa - Paraíba

George Emmanuel Cavalcanti de Miranda

Universidade Federal da Paraíba – UFPB,
Departamento de Sistemática e Ecologia
João Pessoa - Paraíba

RESUMO: A prática do turismo não ordenado sobre ambientes recifais influencia a hidrografia local, comprometendo a qualidade ambiental dos recifes. Na Paraíba, o ambiente recifal do Parque Estadual Marinho de Areia Vermelha (PEMAV) recebe milhares de visitantes ao longo do ano. O estudo avaliou o impacto do turismo sobre a hidrografia do PEMA. Foram determinadas duas estações no PEMA que se diferenciam pelos níveis de turismo recebidos. Em dia único, foram avaliadas as flutuações de sete parâmetros ambientais nas estações: oxigênio dissolvido, pH, salinidade, temperatura, correnteza, profundidade e turbidez. A variação espacial dos parâmetros foi avaliada par-a-par pelo Teste t de Student pareado ou para amostras independentes (a depender do parâmetro). Também foi realizada uma Análise de Componentes Principais (PCA) objetivando medir a força dos parâmetros ambientais sobre

as estações. A PCA indicou que os parâmetros ambientais avaliados diferem espacialmente e ao longo do curso da maré entre as estações, porém, avaliações isoladas de cada parâmetro não indicaram diferenças espaciais significativas entre as estações, com exceção da correnteza ($t=-8,377$; $p=3,67E-07$) que foi maior na estação A, provavelmente devido à proximidade com uma região onde a linha de corais é interrompida, propiciando a entrada de águas da plataforma interna no “mar de dentro” com mais força em relação a estação B. Concluiu-se que o turismo não influencia a hidrografia do PEMA e estabelece-se a estação B como uma área controle em relação a estação A, servindo como ferramenta para avaliações do impacto do turismo e tomada de ações de conservação local.

PALAVRAS-CHAVE: hidrologia; Parque Estadual Marinho de Areia Vermelha; eutrofização; turismo.

1 | INTRODUÇÃO

O processo de urbanização das zonas costeiras se intensificou nas últimas décadas ao redor do planeta (Lotze *et al.*, 2006), sendo um dos modos mais intensos de transformação dos ambientes naturais (Mckinney, 2006), afetando condições (Peters, 2009) e a biota

local (Martins et al., 2012; Scherner *et al.*, 2013). Em ambientes aquáticos, diversos parâmetros hidrológicos (temperatura, salinidade, pH, etc.) podem ser impactados pela urbanização (Wolanski et al., 2009), influenciando o funcionamento, a resiliência e os serviços ecossistêmicos.

O turismo nas zonas costeiras é uma das atividades econômicas mais fortes do mundo, resultado do desenvolvimento urbano nestas regiões (Moreno e Amelung, 2009). Sabe-se que o turismo excessivo e não planejado causa impactos aos ecossistemas costeiros marinhos, afetando fatores abióticos como a quebra de substrato (Worachananant *et al.*, 2008), o aumento da turbidez (Thibaut *et al.*, 2005) e concentração de nutrientes da água (Barradas et al., 2012); e fatores bióticos como desequilíbrios tróficos, desenvolvimento de espécies oportunistas (Airoldi *et al.*, 2005), dificuldade a locomoção, alimentação, proteção e até óbito da biota local (Tourinho et al., 2010). Entretanto, o turismo bem planejado ajuda a reduzir impactos como a sobrepesca (Cater e Cater, 2007), trabalhar a educação ambiental (Diedrich, 2007) e financiar a conservação local (Spalding *et al.*, 2017).

Atualmente uma área da ecologia vem ganhando força diante do crescimento da urbanização: a ecologia de paisagens. Lidando com mosaicos antropizados, este ramo da ecologia procura entender as modificações ocorridas na paisagem em resposta a ação do homem (Metzger, 2001). A análise da influência da estrutura da paisagem sobre fluxos abióticos e bióticos permite avaliar os processos naturais e antrópicos de transformação da paisagem, servindo de base para o planejamento de uma área ou região (Gergel e Turner, 2013), e se tratando de Unidades de Conservação (UC), permite identificar os principais impactos e buscar o desenvolvimento sustentável.

Com destacada importância ecológica e econômica (Moberg e Folke, 1999), os ambientes recifais estão sob ameaça do crescente impacto antrópico (Estes *et al.*, 2011). Na Paraíba, os recifes ocorrem ao longo de grande parte da costa, representando um importante atrativo turístico (Costa *et al.*, 2007). No entanto, impactos decorrentes dessa atividade como pisoteio, movimentação e ancoragem de embarcações, lixo, dentre outros (Lourenço, 2010); aliados aos efeitos sinérgicos da industrialização, desmatamento (Silva, 2013), pesca artesanal e coletas de algas (Souza *et al.*, 2007) vem impactando os recifes paraibanos. O Parque Estadual Marinho de Areia Vermelha (PEMAV) é a única UC costeira exclusivamente marinha do Estado (MMA, 2017), sendo um dos principais roteiros turísticos do Estado, chegando a receber milhares de visitantes ao ano. No entanto, impactos decorrentes dessa atividade como pisoteio, poluição, movimentação e ancoragem de embarcações (Costa e Miranda, 2016a), vêm alterando padrões ambientais local (Silva, 2013).

Diante da necessidade de avaliação dos impactos das atividades humanas sobre os ecossistemas (Rogers e Greenaway, 2005), o estudo avalia o impacto do turismo sobre a hidrografia do PEMA, Cabedelo/PB, servindo como base de dados para tomada de ações de conservação local.

2 | METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO

Instituído em 28 de Agosto de 2000 através do Decreto nº 21.263, o Parque Estadual Marinho de Areia Vermelha (07°00'41,95"S; 34°48'58,02"O, Figura 1) é uma área com 230,91 ha, distante cerca de 1,5 km da costa. Sua formação recifal é de origem arenítica margeando um banco de areia que emerge junto com o a região do platô do recife durante a baixa-mar. A UC abriga 102 espécies de macrofauna bêntica (Gondim et al., 2011), 55 espécies de peixes e 29 táxons de macroalgas (Querino, 2011).

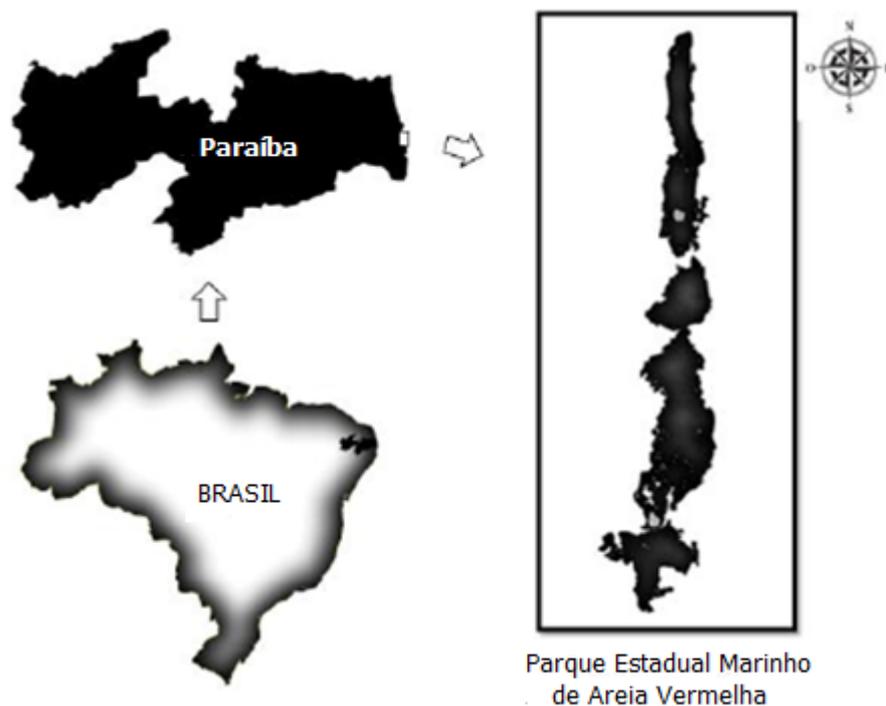


Figura 1 – Localização do Parque Estadual Marinho de Areia Vermelha. Fonte: Adaptado de Costa (2016).

De acordo com a classificação climática proposta por Köpen (in Atlas Geográfico da Paraíba, 1985), o clima da região é As', se caracterizando por ser quente e úmido. A estação chuvosa inicia-se em março e estende-se até agosto. A estação seca começa em setembro e prolonga-se até fevereiro. Os índices de temperatura variam muito pouco, ficando entre 22° e 26°C (Feliciano & Melo, 2003).

Um dos principais pontos turísticos do Estado, a Ilha de Areia Vermelha no PEMA V está submetida a várias formas de impactos antrópicos decorrentes do turismo mal orientado: caminhada e mergulho no platô recifal, práticas de lazer sobre o banco de areia, atracagem e tráfego de catamarãs, dentre outras (Costa e Miranda, 2016b). Em contrapartida, ao norte da Ilha de Areia Vermelha e inserido no PEMA V, encontram-se os bancos arenosos denominados de Areia Dourada, que possuem visitaçã o proibida

de embarcações de propulsão a motor (PARAÍBA, 2016).

A maioria das Áreas Marinhas Protegidas no mundo sofrem com a carência de dados bióticos e abióticos locais (Wood *et al.*, 2008). No PEMAV, tal problemática aliada aos altos custos e falta de vontade dos governantes, retardaram a elaboração e implementação do plano de manejo.

2.2 DELINEAMENTO AMOSTRAL

2.1.1 Hidrografia

Os dados sobre a hidrografia do PEMAV foram coletados no dia 06 de Julho de 2016, sob maré 0.2 m às 11:45h, na região do infralitoral em duas estações: estação A (07°00'36,15"S; 34°49'06,29"O), localizada nas proximidades do banco de areia de Areia Vermelha; e estação B (06°59'36,27"S; 34°49'00,98"O), localizada nas proximidades do banco de areia de Areia Dourada (Figura 2). As estações distavam do banco de areia aproximadamente 50 metros e entre si cerca de 2 km. Ambas apresentavam substrato calcário e estavam na região conhecida localmente pelos pescadores como “mar de dentro”, ficando entre as barreiras coralinas e a praia. As regiões além dos recifes são conhecida por “mar de fora”.



Figura 2 – Localização das estações A e B no PEMAV. Fonte: Google Earth

A coleta dos dados iniciou às 10 horas e ocorreu a cada 30 minutos, dividindo os períodos amostrais (N) em:

- Pré-estofa: N1 (10 horas) e N2 (10:30 horas) e N3 (11 horas)
- Estofa da maré: N4 (11:30 horas) e N5 (12 horas)
- Enchente da maré: N6 (12:30 horas), N7 (13 horas) e N8 (13:30 horas).

Dessa forma, foram analisados os seguintes parâmetros sob diferentes métodos:

- Salinidade, temperatura e turbidez. amostrando a água a 20 cm de profundidade, coletando entre os períodos N1 até o N8 (n=8).
- pH e oxigênio dissolvido (OD): amostrando a água a 20 cm de profundidade, coletando entre os períodos N2 até o N7 (n=6).
- Profundidade: foi avaliada durante o estófo da maré (período N4), utilizando um cano de pvc centimetrado e 10 amostras foram coletadas fazendo uso do método do círculo graduado desenvolvido por Máximo (2015).
- Correnteza: foi avaliada pelo método do gesso descrito por Osse (1996), colocando 20 unidades amostrais no substrato de cada estação no período N1 e retirando no período N8.

2.1.2 Análises estatísticas

Os parâmetros avaliados (pH, salinidade, OD, turbidez, temperatura e correnteza) das estações A e B foram comparados par-a-par através do teste t. de Student para amostras independentes. Para a profundidade foi aplicado o teste t pareado. A priori, foram submetidos a teste de normalidade Shapiro-Wilk e teste de homocedasticidade Levene.

Também foi realizada uma Análise de Componentes Principais (PCA) utilizando a matriz de correlação objetivando medir a força dos parâmetros ambientais sobre as estações. Devido ao número diferente de amostragens dos parâmetros, utilizou-se apenas os dados coletados no mesmo horário, ou seja, de N2 a N7 (n=6). Optou-se por excluir a profundidade da análise por constituir uma característica invariável temporalmente entre todas as amostras e utilizar a média de correnteza das estações, pois não é possível quantificar percentual de desgaste do bloco de gesso em cada período.

Todas as análises foram realizadas no software Past 3.0.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após atender os pré-requisitos de normalidade e homocedasticidade, os parâmetros ambientais nas estações A e B no Parque Estadual Marinho de Areia Vermelha não apresentaram diferenças significativas, com exceção da correnteza (Tabela 1).

Parâmetros	Areia Dourada (Média / Desvio)	Areia Vermelha (Média / Desvio)	t	p-valor
Temperatura	27,4 / ± 0,836	26,875 / ± 0,103	-1,761	0,0999
Salinidade	37,875 / ± 1,356	38,125 / ± 0,834	0,444	0,663

Profundidade	0,93 / ± 0,117	0,98 / ± 0,026	-13,056	0,208
Turbidez	7,381 / ± 2,681	8,11 / ± 2,863	-0,5254	0,607
Correnteza	5,349 / ± 0,454	7,157 / ± 0,851	-8,377	3,67E-07
pH	8,003 / ± 0,067	8,041 / ± 0,044	-1,166	0,27
OD	9,726 / ± 1,162	9,653 / ± 1,162	0,116	0,909

Tabela 1 – Parâmetros ambientais nas estações A e B (média e desvio padrão) e Teste t (t e p-valor com valor em vermelho indicando diferença significativa).

A variação dos parâmetros medidos ao longo do período de maré avaliado, com exceção da profundidade, tiveram as seguintes características:

- Salinidade: A salinidade variando entre 37 e 39 na estação A e entre 36 e 39 na estação B (Gráfico 1). Em Areia Dourada a salinidade nos horários pré-estofa alcançou os menores valores, atingindo o pico durante o estofa, caindo com a enchente da maré. Em Areia Vermelha o primeiro período de estofa da maré (N4) apresentou os menores valores de salinidade, aumentando com a maré enchente. Não foram encontradas diferenças significativas entre as estações (t=0,444, p=0,663).

Apesar de estar localizado ao sul e próximo ao estuário do Rio Paraíba, maior sistema fluvial desta região (Lourenço *et al.*, 2015), o PEMAV não apresentou águas oligohalinas em relação ao “mar de fora”. Esse resultado parece indicar que a influência do estuário ocorre nas regiões a norte e mais próximas da desembocadura do rio, não exercendo influência sobre a salinidade das águas nas regiões a sul. O vento na região é predominantemente sudeste (Inmet, 2017), o que minimiza a chance de chegada e a influência de águas do rio Paraíba no “mar de dentro”.

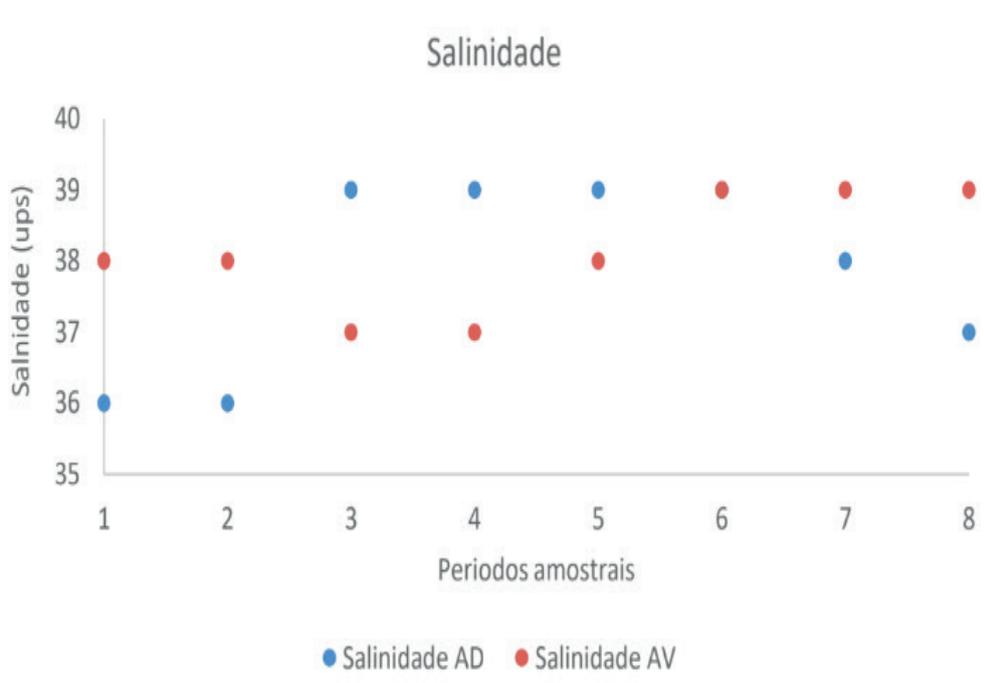


Gráfico 1 – Distribuição dos valores de salinidade encontrados ao longo dos períodos amostrais.

- Temperatura: A temperatura variou entre 26,3°C e 29,1°C na estação A e en-

tre 26,7°C e 27°C na estação B (Gráfico 2). Em Areia Dourada a temperatura aumentou gradualmente até o começo da enchente da maré, caindo logo após. Em Areia Vermelha a temperatura se manteve praticamente constante durante todos os períodos amostrais, com amplitude de 0,3°C. Não foram encontradas diferenças significativas entre as estações ($t=-1,761$, $p=0,099$).

Estudos relatam que temperaturas acima do normal são fatores de estresses para toda comunidade recifal (Latham, 2008). Vários são os relatos de eventos de branqueamento em massa associados à elevação da temperatura da água (Soares & Rabelo, 2014; Leão et al., 2008; Hughes *et al.*, 2003). Porém, os valores encontrados nas estações do PEMAV estão dentro da faixa ótima de temperatura (entre 26 e 28°C) para os ambientes recifais rasos (Segal & Castro, 2008).

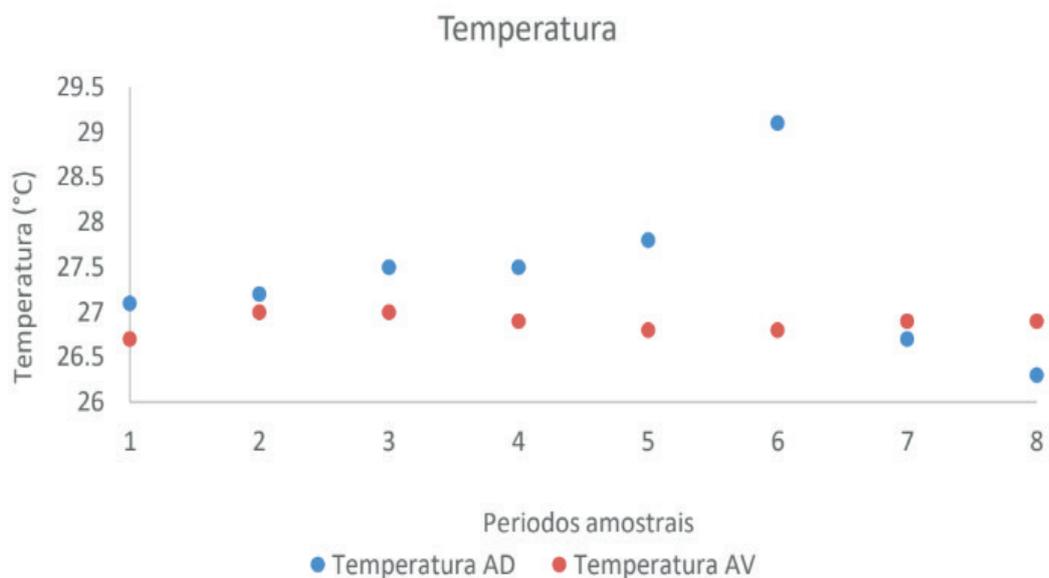


Gráfico 2 – Distribuição dos valores de temperatura encontrados ao longo dos períodos amostrais.

- Turbidez: A turbidez variou entre 4,8 e 12,44 NTU na estação A e entre 5,11 e 13,4 NTU na estação B (Gráfico 3). Em ambas as estações os níveis de turbidez se mantiveram baixos próximos e durante o estófo da maré e aumentaram progressivamente com a enchente da mesma. Não foram encontradas diferenças significativas entre as estações ($t=-0,525$, $p=0,607$).

Esses resultados demonstram que as águas do PEMAV não são límpidas. Durante as marés enchentes e vazantes as ondas quebram sobre os recifes e bancos de areias, carreando partículas e ressuspensando sedimento. Arelado a isso, o rio Paraíba carrega uma grande quantidade de sedimentos (Lourenço *et al.*, 2015) que são ressuspensados com o batimento das ondas. Além disso, com a enchente da maré, progressivamente as embarcações deixam o local, promovendo o revolvimento do substrato e aumentando a turbidez (Costa e Miranda, 2016).

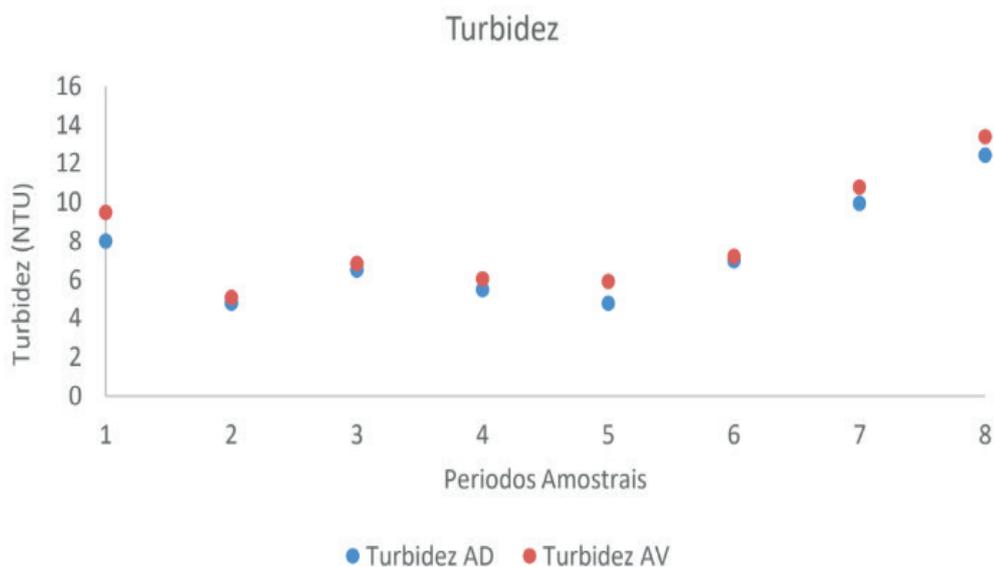


Gráfico 3 – Distribuição dos valores de turbidez encontrados ao longo dos períodos amostrais.

- pH: O pH variou entre 7,87 e 8,04 na estação A e entre 8,01 e 8,12 na estação B (Gráfico 4). Em ambas as estações os valores de pH se mantiveram constantes ao longo do curso da maré, com variações mínimas. Não foram encontradas diferenças significativas entre as estações ($t=-1,166$, $p=0,27$).

O pH no PEMAV esteve sempre alcalino, o que é uma característica dos ambientes recifais do nordeste brasileiro (Feitosa & Passavante, 2004; Machado, 2007; Feitosa & Bastos, 2007; Mayal *et al.*, 2009). A alta regulação desse parâmetro é importante para a comunidade recifal. Fabricius *et al.* (2011) estudando corais, concluíram que a diversidade e abundância de corais são reduzidas a 1/3 em pH mantido abaixo de 7,7. Marubini e Aktinson (1999) ao trabalharem com corais adaptados a pH 8,0, verificaram que as taxas de calcificação são reduzidas pela metade em pH 7,2. Além dos corais, briozoários (Rodolfo-Metalpa *et al.*, 2010), algas coralinas (Kuffner *et al.*, 2008), ouriços-do-mar e moluscos (Hall-Spencer *et al.*, 2008) e cocolitóforos (Riebesell *et al.*, 2000) também são afetados com a acidificação oceânica.

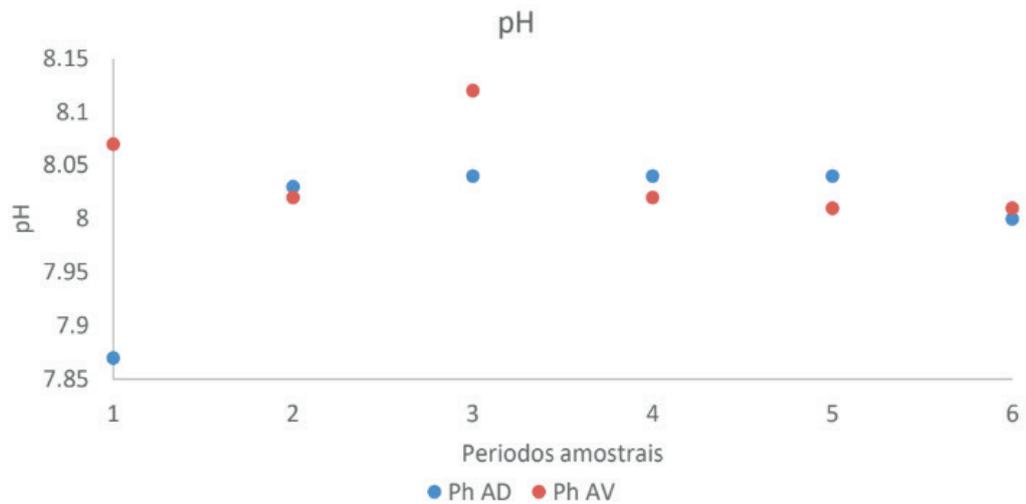


Gráfico 4 – Distribuição dos valores de pH encontrados ao longo dos períodos amostrais.

- Oxigênio Dissolvido (OD): O OD variou entre 8,82 e 11,25 mg/l na estação A e entre 8,45 e 11,55 mg/l na estação B (Gráfico 5). Em ambas as estações os valores de OD tiveram pico durante o estófo, caindo durante a enchente da maré. Não foram encontradas diferenças significativas entre as estações ($t=-0,116$, $p=0,909$).

Os valores encontrados de oxigênio para o período chuvoso são considerados elevados e semelhantes com os de Silva (2015) ao avaliar a hidrologia da APA Costa dos Corais, a qual possui um ambiente recifal semelhante aos encontrados nas estações A e B. As altas concentrações de oxigênio podem estar associadas a atividade fotossintética de microalgas (Fonseca *et al.*, 2002; Lesser e Farrell, 2004), macrofitobentos (Machado *et al.*, 2014), zooxantelas; além da ação das ondas, ventos e turbulência (Silva, 2015).



Gráfico 5 – Distribuição dos valores de OD encontrados ao longo dos períodos amostrais.

- Correnteza: O percentual de desgaste do bloco de gesso variou entre 4,67% e 6,27% na estação A e entre 6,20% e 9,89% na estação B (Gráfico 6). Com

este método não é possível verificar qual o maior período de desgaste dos blocos ao longo do curso da maré, porém ficou claro que a comunidade recifal da estação B está sobre influência de correntes marinhas mais fortes que a estação A ($t=-8,377$, $p=3,67E-07$).

Analisando a Figura 4 nota-se que a linha de corais do PEMAV é interrompida em uma região próxima da estação A. Essa região é conhecida localmente pelos navegadores e pescadores locais como “Barreta”, sendo uma forma de acesso ao “mar de fora”. Pressupõe-se que mesmo durante a maré baixa, águas da plataforma interna estariam entrando no “mar de dentro” principalmente pela “Barreta”, sendo impulsionadas pela ondulação que chega à plataforma interna, seguida pela força das marés. Como a estação A está mais próxima da “Barreta” em relação à estação B, as correntes chegam com maior força na mesma. Pode-se notar também uma descontinuidade da linha de corais próxima da estação B, a “Barretinha”, porém é uma região de abertura bem menor em comparação com a “Barreta” e as águas que eventualmente passem por ela, parecem não ter forte influência no aumento da correnteza.



Figura 4 – Localizações da “Barreta” e “Barretinha”.

Fonte: Google Earth

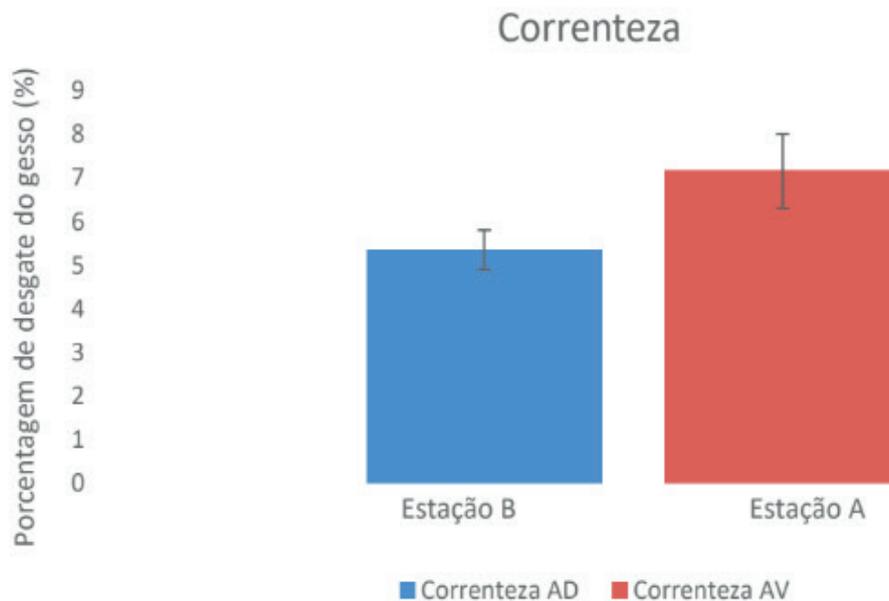


Gráfico 6 – Valores das médias de porcentagem de desgaste dos blocos de gesso nas estações de coleta.

- Profundidade: A profundidade variou entre 0,7 m e 1,1 m na estação A e entre 0,95 m e 1,1 m na estação B (Gráfico 7). As profundidades médias das regiões nas quais estavam inseridas as estações A e B são baixas e semelhantes, não sendo detectadas diferenças para esse parâmetro espacial ($t=-13,056$, $p=0,208$).

Em outro ambiente recifal nordestino raso, Jales et al. (2012) verificaram que a profundidade possui relação direta com o pH, ou seja, em áreas mais profundas maior o pH; e relação inversa com a amônia, saturação e concentração de oxigênio. Além disso, as macroalgas necessitam de luminosidade, e a quantidade de luz presente no mar decresce à medida que aumenta a profundidade. Dessa forma, em águas superficiais pouca quantidade de energia luminosa é bloqueada pela coluna de água (Castro, 2000).

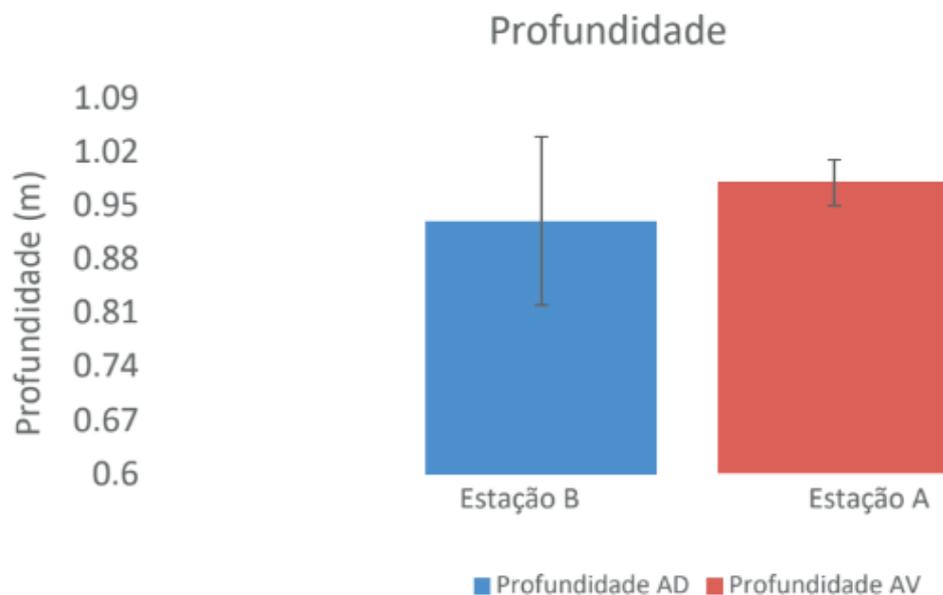


Gráfico 7 – Distribuição das médias de profundidade nas estações de coleta durante o estófo da maré.

A análise de componentes principais (PCA, Figura 5) mostrou dois principais eixos de ordenação, explicando 30,56% (Componente 1), 28,60% (Componente 2), totalizando 59% da variação obtida. O eixo 1 indica a variação temporal ao longo do curso da maré, e o eixo 2 a variação espacial entre as estações. O parâmetro ambiental mais associado ao eixo 1 do diagrama da PCA foi temperatura (*loading value* = 0,741), enquanto que o eixo 2 esteve associado a correnteza (*loading value* = 0,682).

A análise espacial dos parâmetros mostrou que a estação A possui valores de correnteza superiores aos encontrados na estação B, o que é explicado pela maior conectividade com o “mar de fora” a partir da “Barreta”, e foi corroborado pelo Teste t ($t=-8,377$, $p=3,67E-07$). Em contrapartida, a estação B esteve mais fortemente correlacionada com elevados valores de pH, OD e, principalmente, temperatura, porém não foram encontradas diferenças significativas entre as estações para esses parâmetros.

A análise temporal dos parâmetros indicou que os mesmos não variam proporcionalmente ao longo do curso da maré entre as estações, com os períodos iniciais ao Pré-estófo, Estófo e Enchente da Maré representando períodos em que as os ambientes respondem homogeneamente as condições.

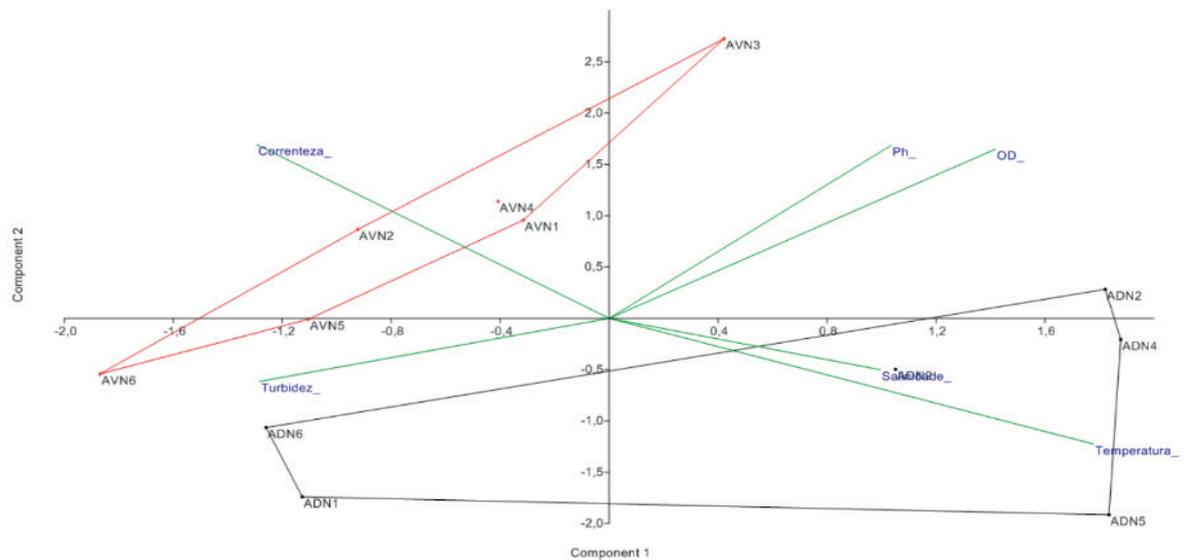


Figura 5 – Diagrama de ordenação produzido pela análise de componentes principais (eixos 1 e 2) dos parâmetros ambientais nas estações de coleta. O polígono e os pontos vermelhos (AV) representam a estação A e o polígono e os pontos pretos (AD) representam a estação B. Períodos amostrais: N2 = 10:30h e N3 = 11h (períodos pré-estofa); N4 = 11:30h, N5=12h (períodos de estofa da maré); N6 = 12:30h, N7 = 13h (períodos de enchente da maré). Fonte: Software Past.

4 | CONCLUSÕES

A análise das condições hidrológicas as quais estão submetidas as estações A e B, indica que as variáveis ambientais não possuem diferenças espaciais entre as estações, apesar de Areia Vermelha e Areia Dourada responderem heterogeneamente a flutuação ao longo da maré de algumas variáveis ambientais avaliadas. Dessa forma, o turismo e, conseqüentemente, os impactos causados por ele (pisoteio, arranque, ancoragem, dentre outros), representam o diferencial entre Areia Vermelha e Areia Dourada.

Destaca-se a importância no estabelecimento da região de Areia Dourada como área controle do impacto turístico dentro do PEMAV, pois a restrição de acesso à área com embarcações de propulsão a motor faz com que área possua visitação nula ou mínima.

REFERÊNCIAS

BARRADAS, J. I.; AMARAL, F. D.; HERNÁNDEZ, M. I.; FLORES-MONTES, M. J.; STEINER, A. Q. **Tourism impact on reef flats in Porto de Galinhas beach**, Pernambuco, Brazil. *Arquivos Ciências do Mar*, 45: 81-88, 2012.

CASTRO, C. B. **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da zona costeira e marinha**. 2000. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/parnaabrolhos/images/stories/downloads/Clovis_2000.pdf>. Acesso em: 20 Ago 2016.

CATER, C.; CATER, E. The economic impacts of marine wildlife tourism. IN: J. Higham, M. Lück (Eds.). **Marine Wildlife and Tourism Management: Insights from the Natural and Social Sciences**.

CAB International: Wallingford, 2007, pp. 145–162.

COSTA, C. F.; SASSI, R.; COSTA, M. A. J.; DE BRITO, A. C. L. **Recifes costeiros da Paraíba, Brasil: usos, impactos e necessidades de manejo no contexto da sustentabilidade.** Revista Gaia Scientia, v. 1, n. 1, 2007.

COSTA, R. J.; MIRANDA, G. E. C. de. **Análise dos estudos de capacidade de carga turística para os recifes de Picãozinho, Seixas (João Pessoa-PB) e Areia Vermelha (Cabedelo-PB).** Caderno Virtual de Turismo – Rio de Janeiro, v. 16, n. 1, p.60-73, 2016a.

COSTA, R. J.; MIRANDA, G. E. C. de. **Caracterização da atividade turística/lazer do Parque Estadual Marinho de Areia Vermelha (Cabedelo/PB).** Revista de estudos ambientais (Online), v.18, n. 1, p.57-65, 2016b.

DIEDRICH, A. **The impacts of tourism on reef conservation awareness and support in coastal communities in Belize.** Coral Reefs, 26:985-996, 2007.

ESTES, J. A.; et al. **Trophic downgrading of planet earth.** Science, 333:301–306, 2011.

FABRICIUS, K. E.; et al. **Losers and winners in coral reefs acclimatized to elevated carbon dioxide concentrations.** Nat. Clim. Chang., 1:165-169, 2011.

FEITOSA, F. A. N.; BASTOS, R. B. **Produtividade fitoplanctônica e hidrologia do Ecossistema costeiro de Maracajá – RN.** Ciências do mar. Fortaleza, v. 40 (2), p. 20 – 36, 2007.

FEITOSA, F. A. N.; PASSAVANTE, J. Z. O. Produtividade fitoplanctônica e hidrologia do Atol das Rocas (Brasil). In: CHELLAPPA, N. T.; CHELLAPPA, S.; PASSAVANTE, J. Z. O. (Ed.) **Ecologia aquática tropical.** Natal: ServGra, p. 143- 156, 2004.

FELICIANO, M. L. M.; MELO, R. B. **Atlas do Estado da Paraíba – Informação para gestão do patrimônio natural [mapas].** 1ª edição. João Pessoa: Seplan/Ideme, 58 p, 2003.

FONSECA, R.S.; PASSAVANTE, J.Z.O.; MARANHÃO, G.M.B., E MUNIZ, K. **Ecossistema recifal da praia de Porto de Galinhas (Ipojuca, Pernambuco): biomassa fitoplanctônica e hidrologia.** Boletim Técnico-Científico do CEPENE, 10(1), 9-26, 2002.

GERGEL, S. E.; TURNER, M. G. **Learning landscape ecology: a practical guide to concepts and techniques.** Springer, New York, 2003.

GONDIM, A. I.; DIAS, T. L. P.; CAMPOS, F. F.; ALONSO, C.; CHRISTOFFERSEN, M. L. **Macrofauna bêmica do Parque Estadual Marinho de Areia Vermelha, Cabedelo, Paraíba, Brasil; Benthic macrofauna from Areia Vermelha Marine State Park, Cabedelo, Paraíba, Brazil.** Biota neotrop. (Online, Ed. port.), v. 11, n. 2, p. 75-86, 2011.

HALL-SPENCER, J.M.; et al. **Volcanic carbon dioxide vents reveal ecosystem effects of ocean acidification.** Nature, v. 454, 96–99. 2008.

HUGHES, T.P.; BAIRD, A.H.; BELLWOOD, D.R.; CARD, M.; CONNOLLY, S.R.; FOLKE, C.; GROSBURG, R.; HOEGH-GULDBERG, O.; JACKSON, J.B.C.; KLEYPAS, J.; LOUGH, J.M.; MARSHALL, P.; NYSTRÖM, M.; PALUMBI, S.R.; PANDOLFI, J.M.; ROSEN, B.; ROUGHGARDEN, J. **Climate Change, Human Impacts, and the Resilience of Coral Reefs.** Science, v. 301, p. 929-933, 2003.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **Estações Automáticas.** 2017. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acesso em: 02 Jul 2017.

- JALES, M. C.; FEITOSA, F. A. N.; KOENING, M. L.; BASTOS, R. B.; MACHADO, R. C. A. **O ecossistema recifal de Serrambi (nordeste do Brasil): biomassa fitoplanctônica e parâmetros hidrológicos**. *Atlântica*, 34, pp.87-102, 2012.
- KUFFNER, I.B.; et al. **Decreased abundance of crustose coralline algae due to ocean acidification**. *Nature Geoscience*, 1(2):77–140, 2008.
- LATHAM, H. **Temperature stress-induced bleaching of the coralline alga *Corallina officinalis*: a role for the enzyme bromoperoxidase**. *Bioscience Horizons*, 1 (2): 104-113, 2008.
- LEÃO, Z. M. A. N.; KIKUCHI, R. K. P.; OLIVEIRA, M. D. M. **Branqueamento de corais nos recifes da Bahia e sua relação com eventos de anomalias térmicas nas águas superficiais do oceano**. *Biota Neotropica*, v. 8, p. 1/5-10, 2008.
- LESSER, M.P.; FARRELL, J.H. **Exposure to solar radiation increases damage to both host tissues and algal symbionts of corals during thermal stress**. *Coral Reefs*, 23(3), 367-377, 2004.
- LOTZE, H. K.; LENIHAN, H. S.; BOURQUE, B. J.; BRADBURY, R. H.; COOKE, R. G.; KAY, M. C.; KIDWELL, S. M.; KIRBY, M. X.; PETERSON, C. H.; JACKSON, J. B. C. **Depletion, Degradation, and Recovery Potential of Estuaries and Coastal Seas**. *Science*, 312, 1806, 2006.
- MACHADO, R. C. A. **Dinâmica da biomassa fitoplanctônica e parâmetros hidrológicos no ecossistema recifal e Porto de Galinhas, Pernambuco, Brasil**. *Boletim Técnico-Científico do CEPENE*. Tamandaré, v. 15 (2), p. 17 – 29, 2007.
- MACHADO, R. C. A.; FEITOSA, F.A.N.; KOENING, M.L.; FLORES-MONTES, M.J.; BASTOS, R.B.; JALES, M.C. **Phytoplankton Productivity and Hidrology of Porto de Galinhas Reef Ecosystem (Pernambuco, Brasil)**. *Journal Coastal Research*, 30(2), 371-378, 2014.
- MARTINS, C. D. L; et al. **The impact of coastal urbanization on the structure of phyto-benthic communities in southern Brazil**. *Marine Pollution Bulletin*, v. 64, p. 772–778, 2012.
- MARUBINI, F.; ATKINSON, M. J. **Effects of lowered pH and elevated nitrate on coral calcification**. *Marine Ecology: Progress Series*, 188 117-121, 1999.
- MÁXIMO, L. N. **Estrutura e dinâmica de populações e comunidades de macroalgas em ambientes recifais da Paraíba**. 2015. 101 F. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Monitoramento Ambiental). Universidade Federal da Paraíba. 2015.
- MAYAL, E. M.; NEUMAN-LEITÃO, S.; FEITOSA, F.A .N; SCHWAMBORN, R.; SILVA, T. A.; SILVA-CUNHA, M.G.G. **Hydrology, Plankton, and Corals of the Maracajaú Reefs (Northeastern Brazil) – an Ecosystem Under Severe Thermal Stress**. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v.52, n.3, p. 665- 678, 2009.
- MCKINNEY, M. L. **Urbanization as a major cause of biotic homogenization**. *Biol Conserv.*, 127:247–260, 2006.
- METZGER, J. P. **O que é ecologia de paisagens**. *Biota Neotropica*. 1:1-9, 2001.
- MIRANDA, G. E. C. **Monitoramento, manejo e restauração de populações de *Gracilaria caudata* J. Agardh (Rhodophyta, Gigaryinales) degradadas pela exploração comercial**. 2010. 109 F. Tese (Programa de Pós- Graduação em Oceanografia). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Consultas por UC's**. 2017. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/areas-protetidas/cadastro-nacional-de-ucs/consulta-por-uc>>. Acesso em: 01 Ago; 2017.

- MOBERG, F.; FOLKE C. **Ecological goods and services of coral reef ecosystems. Ecological Economics**, Amsterdam, 29: 215- 233, 1999.
- MORENO, A.; AMELUNG, B. **Climate change and coastal & marine tourism: Review and analysis**. J. Coastal Res., 2009.
- OLIVEIRA, V.P. **Influência da profundidade e dos parâmetros ambientais sobre o desenvolvimento de Gracilaria birdiae (Rhodophyta, Gracilariales) em viveiros de camarão**. 2007, 54 F. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-graduação em Bioecologia Aquática). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.
- OSSE, A. C. **Aspectos da estrutura espaço-temporal de uma comunidade intermareal de costão rochoso da Ponta de Fortaleza-Ubatuba/SP**. 1996. Dissertação (Mestre em Ciências), Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.
- PARAÍBA. **PORTARIA /SUDEMA/DS/Nº 002/2016**. Diário Oficial, João Pessoa, PB, n. 16.028, 15 Janeiro 2016. Seção I, p. 1.
- PETERS, N. E. **Effects of urbanization on stream water quality in the city of Atlanta, Georgia, USA**. Hydrol. Process, 23: 2860–2878, 2009.
- QUERINO, L. A. C. **Composição e Estrutura da Comunidade de Peixes Recifais do Parque Estadual Marinho Areia Vermelha, Cabedelo, Pb**. 2011, 98 p. Mestrado em Ciências Biológicas – Zoologia, Departamento de Sistemática e Ecologia, Universidade Federal da Paraíba, 2011.
- RODOLFO-METALPA, R.; LOMBARDI, CHIARA; COCITO, SILVIA; HALL-SPENCER, JASON M; GAMBI, CHRISTINA. **Effects of ocean acidification and high temperatures on the bryozoan Myriapora truncata at natural CO2 vents**. Marine Ecology, 31(3), 447-456, 2010.
- ROGERS, S. I.; GREENAWAY, B. **A UK perspective on the development of marine ecosystem indicators**. Marine Pollution Bulletin, v. 50, p. 9–19, 2005.
- SCHERNER, FERNANDO; HORTA, PAULO ANTUNES; DE OLIVEIRA, EURICO CABRAL; SIMONASSI, JOSÉ CARLOS; HALL-SPENCER, JASON M.; CHOW, FUNGYI; NUNES, JOSÉ MARCOS C.; PEREIRA, SONIA MARIA BARRETO. **Coastal urbanization leads to remarkable seaweed species loss and community shifts along the SW Atlantic**. Marine Pollution Bulletin. v. 76, p. 106-115, 2013.
- SEGAL, B.; CASTRO, C. **Relação do homem com os recifes**. In: GOUVEIA, M. T. **Educação para conservação dos recifes: manual de capacitação do professor em educação ambiental**. Rio de Janeiro, RJ: Projeto Coral Vivo, 2008.
- SILVA, L. M. da. **Condições ambientais do ecossistema recifal de Tamandaré (APA Costa dos Corais): comunidade fitoplanctônica e variáveis hidrológicas**. Recife, 2015. Dissertação (Mestre em Oceanografia), Programa de Pós-graduação – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.
- SILVA, M. B da. **Dinâmica dos padrões sucessionais do macrofitobentos em áreas marinhas sob diferentes regimes de proteção**. 2013. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ecologia e Monitoramento Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Monitoramento Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013.
- SILVA, R. O.; SANTOS, G. M. P.; NICOLAU, L. A. D.; LUCETTI, L. T.; SANTANA, A. P. M.; CHAVES, L. S.; BARROS, F. C. N.; FREITAS, A. L. P.; SOUZA, M. H. L. P.; MEDEIROS, J. V. R. **Sulfated-polysaccharide fraction from red algae Gracilaria caudata protects mice gut against ethanol-induced damage**. Marine drugs, v. 9, n. 11, p. 2188-2200, 2011.

SOARES, M. O.; RABELO, E.F. **Primeiro registro de branqueamento de corais no litoral do Ceará (NE, Brasil): indicador das mudanças climáticas?**. *Geociências*, v. 33, p. 1-10, 2014.

SOUZA, A. T.; ILARRI, M. I.; MEDEIROS, P. M.; GREMPEL, R. G.; ROSA, R. S.; SAMPAIO, C. L. S. **Fishes (Elasmobranchii and Actinopterygii) of Picãozinho reef, Northeastern Brazil, with notes on their conservation status**. *Zootaxa*, 1608: 11-19, 2007.

SPALDING, M.; et al. **Mapping the global value and distribution of coral reef tourism**. *Marine Policy*, v. 82: 104-113, 2017.

TOURINHO, P.S.; SUL, J. A.; FILLMANN, G. **Is marine debris ingestion still a problem for the coastal marine biota of southern Brazil?**. *Marine Pollution Bulletin*, 60: 396–401, 2010.

WOLANSKI, E.; MARTINEZ, J. A.; RICHMOND, R. H. **Quantifying the impact of watershed urbanization on a coral reef: Maunaloa Bay, Hawaii**. *Estuar Coast Shelf Sci.*, 84(2): 259–68, 2009.

ESTUDO GEOLÓGICO E DO COMPORTAMENTO ESTRUTURAL EM ÁREA PARA PRODUÇÃO DE BRITA EM VERA CRUZ (RS)

Cândida Regina Müller

Universidade Federal de Pelotas, Engenharia Geológica – CENG – Pelotas, RS

Thays França Afonso

Universidade Federal de Pelotas, Engenharia Geológica – CENG – Pelotas, RS

Leandro Fagundes

Universidade Federal de Pelotas, Engenharia Geológica – CENG – Pelotas, RS

Luis Eduardo Silveira da Mota Novaes

Universidade Federal de Pelotas, Engenharia Geológica – CENG – Pelotas, RS

RESUMO: O setor mineral possui essencial importância para o desenvolvimento e crescimento de qualquer população, em especial, pela produção dos agregados para construção civil. Neste contexto o estudo teve como objetivo realizar um levantamento do comportamento estrutural numa unidade de mineração em Vera Cruz. Para tal, foram visitadas três áreas de mineração e beneficiamento localizadas no Vale do Rio Pardo no estado do Rio Grande do Sul. As áreas se localizam nos municípios de Vera Cruz e de Santa Cruz do Sul. O estudo geológico e do comportamento estrutural de área registrada junto ao DNPM para produção de brita ocorreu na unidade que pertence ao município de Vera Cruz. As duas unidades visitadas no município

de Santa Cruz do Sul, serviram apenas de base para compreensão da geologia da região. Os municípios estão localizados sob o contato de duas unidades geomorfológicas, o Planalto Meridional e a Depressão Central. Em termos geológicos, a região se encontra na porção sul da Bacia do Paraná. Nas zonas das unidades de mineração são encontradas rochas básicas da Formação Serra Geral. Destacamos que no município de Santa Cruz do Sul são observados afloramentos de arenitos de origem eólica da Formação Botucatu. Já os basaltos do município de Vera Cruz apresentam fraturas, das quais foram constatadas duas principais famílias de fraturas perpendiculares entre si.

PALAVRAS-CHAVE: Formação Serra Geral; Basaltos; Geologia Estrutural; Família de Fraturas.

ABSTRACT: The mineral sector has fundamental importance for the society development and its growth, especially in the case of aggregates for construction. In this context, the aim of this study had to carry out a survey of structural behavior of Vera Cruz Minings. Three mining and processing areas in the state of Rio Grande do Sul had been studied. These areas are in the cities of Vera Cruz and Santa Cruz do Sul. The geological and structural study required for production of gravel had been carry out at the Vera Cruz unit. The units at Santa Cruz City

had been studied for region's geology understanding. These cities are been located between two different geomorphological units, the Southern Plateau and the Central Depression. In addition, the geological region is in the southern of Paraná Basin. In the three researched mining units was been found common rocks of the Serra Geral Formation, and in the Santa Cruz do Sul units, it could be observed outcrops of eolian sandstones from the Botucatu Formation. The basalts from Vera Cruz unit presented fractures of two different types, all of them perpendicular to each other.

KEYWORDS: Serra Geral Formation, Basalts, Structural Geology, Fractures.

1 | INTRODUÇÃO

Reconhecer e entender a dinâmica de formação da crosta terrestre, os processos modificadores e as forças que atuam sobre as rochas de uma região, são de fundamental importância para a caracterização da área de estudo, tornando assim a extração do recurso mineral em foco mais viável, obtendo-se o seu maior aproveitamento.

No Vale do Rio Pardo são encontradas três áreas de mineração e beneficiamento de agregados para construção civil, as áreas pertencem aos municípios de Vera Cruz (uma área com três frentes de trabalho) e em Santa Cruz do Sul, (duas áreas com duas frentes de trabalho), (Figura 1).

A produção desse tipo de agregado, segundo o DNPM (2015) para o Rio Grande do Sul, compõe-se 5% de origem granítica e outras fontes, e 95% por basaltos, diabásios e outras.

As principais regiões em que é caracterizada a utilização das rochas de origem basáltica para brita, correspondem às porções sul e sudeste da Bacia do Paraná, atentando assim, que esses correspondem aos locais dos estudos realizados.

As três áreas de mineração que serviram de base para este trabalho pertencem ao Grupo Trevisan, das quais uma está locada no município de Vera Cruz [Unidade Vera Cruz (VC)], pertence à Mineração Santa Cruz Ltda (MSC), e duas que estão no município vizinho Santa Cruz do Sul [Unidade Santa Cruz do Sul 1 (SCS1), pertence a Mineração Brita Ouro Preto Ltda (BOP) e a Unidade Santa Cruz do Sul 2 (SCS2), pertence a Treviplam Engenharia Ltda- Filial II (TVP)].

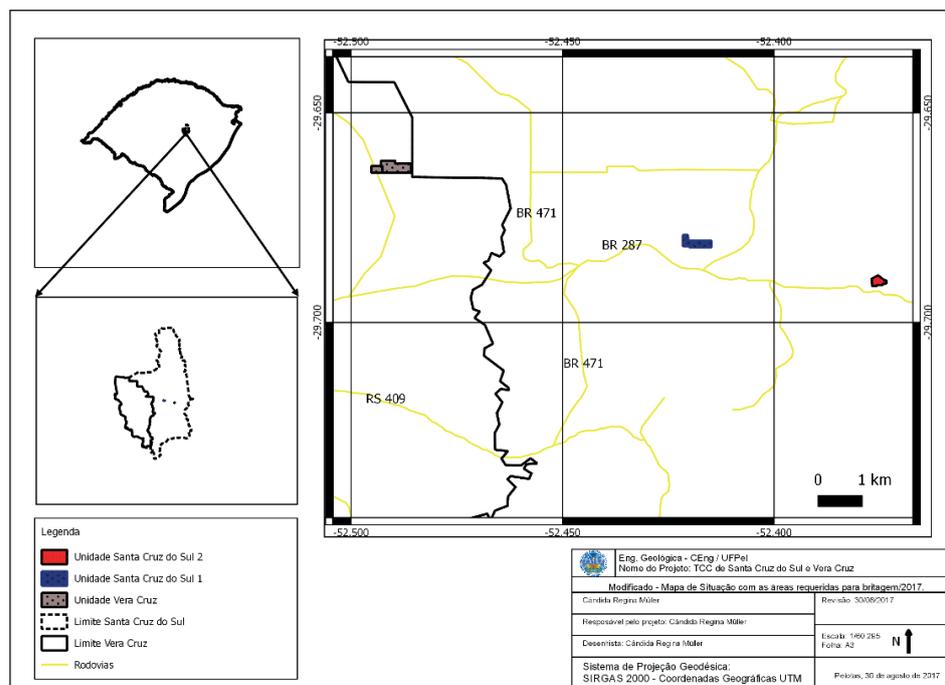


Figura 1 - Mapa de situação das três áreas requeridas para mineração nos municípios de Vera Cruz e Santa Cruz Do Sul.

Fonte: Base Cartográfica IBGE – Transportes.

Neste contexto o estudo teve como objetivo realizar um levantamento do comportamento estrutural na unidade de Vera Cruz. Esta unidade e as duas unidades de Santa Cruz do Sul serviram de apoio para a compreensão da formação geológica de toda região de estudo desse trabalho.

Em termos geomorfológicos os dois municípios estão no contato entre o Planalto Meridional e a Depressão Central do Rio Grande do Sul, fazendo parte da Região Hidrográfica do Guaíba, mais precisamente a Bacia Hidrográfica do Rio Pardo (HELFER, 2006).

Geologicamente, os dois municípios estão contidos na Bacia do Paraná, em cinco sequencias deposicionais com características tectono-sedimentar completa que vão do Ordoviciano ao Cretáceo. O preenchimento sedimentar predominantemente siliciclástico é revestido pelas rochas vulcânicas da Formação Serra Geral (REIS et al., 2014).

No estudo de Noronha (2012) o arcabouço litoestratigráfico do intervalo Neopermiano-Eocretáceo da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul, destaca que na região de Santa Cruz do Sul, e servindo de base para a compreensão da cidade vizinha Vera Cruz, são encontrados o Grupo Rosário do Sul (com arenitos médios a grossos do Membro Passo das Tropas, na porção inferior, e os siltitos argilosos do Membro Alemoa na porção superior) e Grupo São Bento (com os arenitos de origem eólica da Formação Botucatu e as rochas efusivas básicas da Formação Serra Geral) (MARIMON, 2006).

De acordo com Reis et al. (2014) há duas famílias principais de direção de lineamentos na região e apresentam amplas zonas de fraturas com larguras que variam de metros a dezenas de metros, com direção nordeste-sudoeste dispostas de forma paralela, cortando disjunções e outros sistemas de fraturas. Com menor frequência, a segunda família possui uma direção ortogonal a primeira, no sentido Leste-Oeste.

2 | METODOLOGIA

O trabalho foi estruturado de forma a se fazer o levantamento bibliográfico das características estruturais e geológicas da região de Santa Cruz do Sul e Vera Cruz.

Foram realizadas visitas de campo em três áreas de mineração de brita denominadas Unidade Vera Cruz (VC) que pertence à Mineração Santa Cruz Ltda (MSC), Unidade Santa Cruz do Sul 1 (SCS1), pertencente a Mineração Brita Ouro Preto Ltda (BOP) e a Unidade Santa Cruz do Sul 2 (SCS2) que pertence a Treviplan Engenharia Ltda- Filial II (TVP).

As visitas de campo se deram a fim de reconhecer a formação geológica e as estruturas existentes nos basaltos destas cidades.

Foram medidas as variações angulares entre as fraturas presentes nos afloramentos rochosos da área através dos lineamentos desenhados no software AutoCAD versão 2017, sob o registro fotográfico das estruturas contidas nos maciços rochosos da unidade pertencente ao município de Vera Cruz.

Devido a maior complexidade das fraturas nas duas unidades localizadas no município de Santa Cruz do Sul, essas, só serviram de apoio para a compreensão da geologia local.

Na análise estrutural correspondente aos estudos feitos por Noronha et al. (2009), os lineamentos identificados nas áreas dessa região, demonstraram uma considerável dispersão, essa identificação foi feita com base na fotointerpretação das fotografias aéreas nas escalas 1:60.000 e nas ampliações nas escalas 1:25.000.

As três áreas apresentam em suas rochas as estruturas geológicas de fraturas. Essas fendas consistem na perda a coesão do material rochoso, configurando assim, planos de descontinuidades.

Devido a essa característica, é de suma importância ter um estudo em relação às fraturas existentes em materiais rochosos que estiverem sendo de alguma forma manuseados, posto que as fraturas afetam significativamente a resistência das rochas.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para melhor ambientar o leitor à localização das três áreas requeridas para mineração dentro do contexto geológico, foi confeccionado um mapa geológico a partir

do mapa da CPRM (2003), conforme Figura 2.

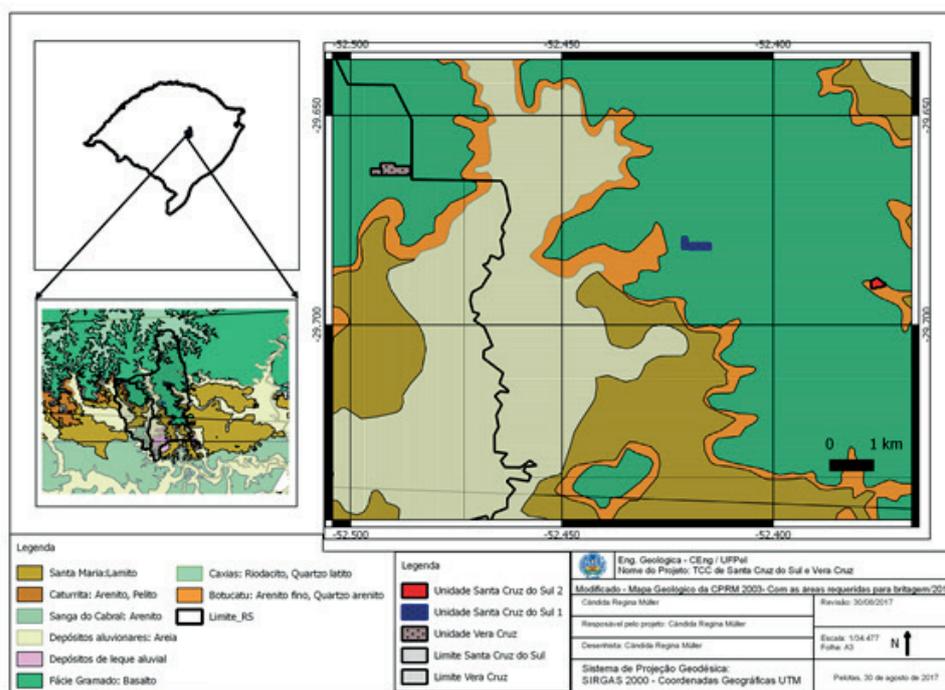


Figura 2: Mapa geológico local. Fonte: CPRM (2003) modificado pelo autor.

As três unidades (VC, SCS1 e SCS2) pertencem à porção sul da Bacia do Paraná, na qual foram identificadas, predominantemente, as rochas básicas da Formação Serra Geral, ou seja, basaltos que apresentam granulometria fina a média, de cores cinza claro a cinza mais escura, ocorrendo eventualmente oxidação de ferro, deixando a rocha mais avermelhada.

As rochas dos derrames efusivos da fácies Gramado da Formação Serra Geral demonstram às primeiras manifestações vulcânicas sobre os arenitos da Formação Botucatu.

Na unidade de Vera Cruz são encontrados arenitos metamorfizados da Formação Botucatu envolvidos com os Basaltos da Formação Serra Geral.

Já as duas unidades de Santa Cruz do Sul apresentam vesículas em seus basaltos dos quais são preenchidos por minerais secundários Zeólitas e há o contato dos basaltos da Formação Serra Geral com os arenitos de origem eólica da Formação Botucatu.

Ainda na unidade Vera Cruz foram observadas e registradas além da formação geológica da área, o seu comportamento estrutural. De forma geral, essa unidade se apresenta com menor complexidade estrutural quando comparada às SCS1 e SCS2, e, por conseguinte, as rochas dessa unidade apresentam-se mais sã que as demais unidades observadas.

A Figura 3 apresenta duas famílias de fraturas da Unidade VC, uma família de fraturas com pequena variação angular entre si, que estão perpendiculares em

relação ao topo e base da bancada, e aproximadamente paralelas entre si, podem ser consideradas uma família de estruturas.

Da mesma forma, todas as fraturas que estão com uma variação angular muito diferente do observado na família de fraturas anterior, e que possuem entre si uma pequena variação angular, podem ser consideradas outra família de fraturas.

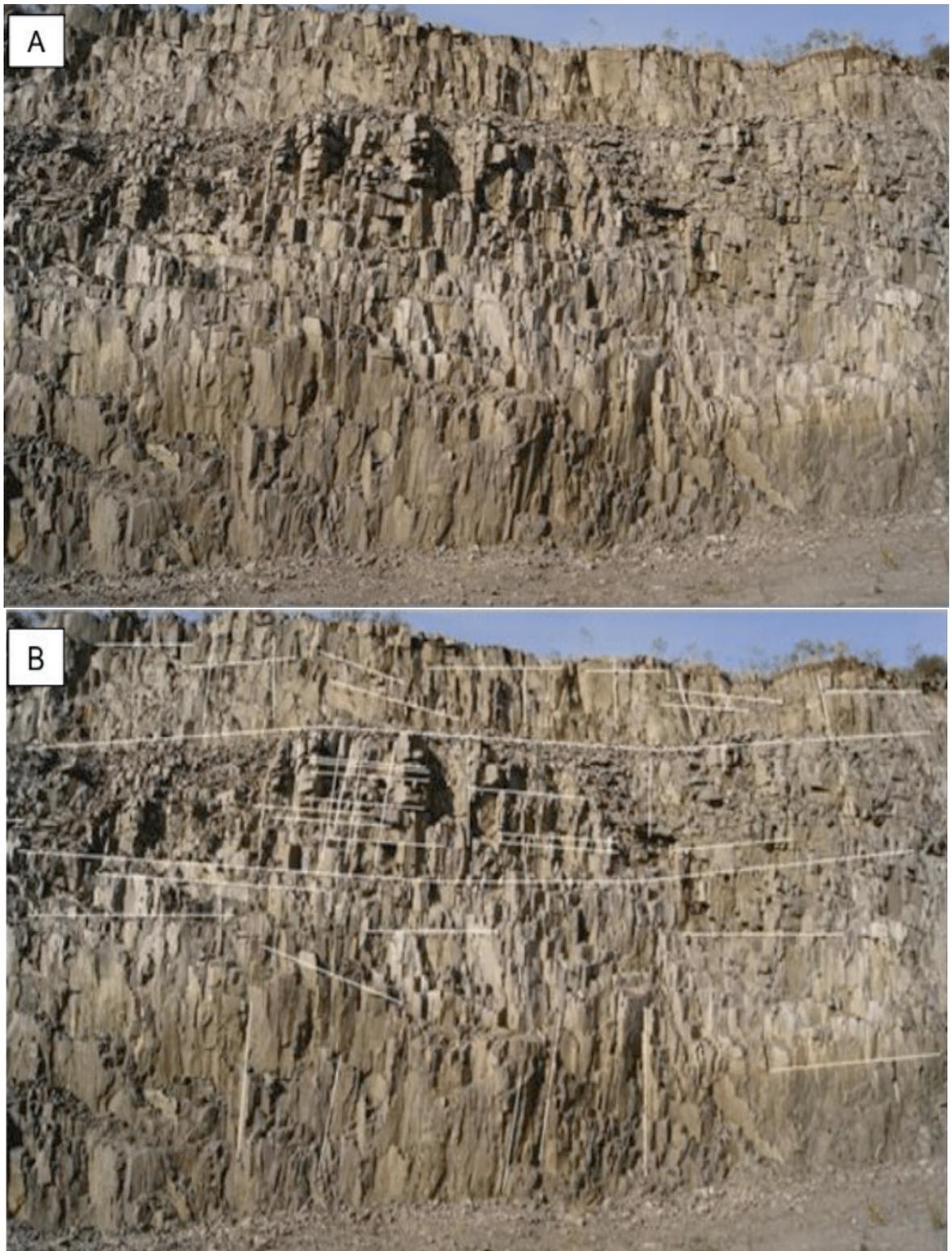


Figura 3: A- Vista das duas bancadas da unidade de mineração VC, a superior de menor espessura e a basal com maior espessura. B- Algumas das fraturas estão representadas pelas linhas brancas. Há duas famílias de fraturas principais, perpendiculares entre si, observando que o topo da camada inferior ocorre um fraturamento maior.

4 | CONCLUSÕES

As três áreas de mineração e beneficiamento pertencem à porção sul da Bacia do Paraná, sendo identificadas in loco as rochas básicas da Formação Serra Geral. Essas rochas apresentam vesículas das quais são preenchidas por minerais secundários Zeólitas nas unidades de Santa Cruz do Sul.

Na unidade de mineração de Vera Cruz, foi observada a interação de arenitos metamorfizados de origem eólica da Formação Botucatu em meio aos basaltos da Formação Serra Geral, o que indica que provavelmente este derrame de rocha efusiva básica seja uma das primeiras manifestações vulcânicas sobre os arenitos de origem eólica da Formação Botucatu.

Com relação à variação angular medida entre as fraturas identificadas nos lineamentos apresentam basicamente duas famílias de fraturas principais, ortogonais entre si em todas as frentes que apresentavam duas bancadas, constatou-se que a bancada superior se encontra menos fraturada e que o maior fraturamento ocorre no topo da bancada inferior.

Tais sistemas de fraturas, verticais e horizontais são também descritas em trabalhos consultados para a revisão bibliográfica. As fraturas que ocorrem perpendicularmente ao topo e à base do derrame são formadas a partir da perda de calor do magma e a contração do seu volume, processo de resfriamento do magma. E as fraturas sub-horizontais ocorrem devido ao cisalhamento em decorrência à diferença de velocidade do avanço da lava.

REFERÊNCIAS

DNPM- Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral**. Edição 2015. Vol. 35

Disponível em: < <http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2015> > Acesso em 30 de julho 2017.

HELPER, F. 2006. Demanda e disponibilidades hídricas da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo (RS) nos cenários atual e futuro para diferentes sistemas de produção de arroz irrigado. **Instituto de Pesquisas Hídricas-Universidade federal do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre. P. 1- 249.

MARIMON, Maria Paula Casagrande. 2006. **O Flúor nas Águas Subterrâneas da Formação Santa Maria, na Região de Santa Cruz do Sul e Venâncio Aires, RS, Brasil**. 2006. 314 f. Tese (Doutorado em Geociências)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

NORONHA, F. L.; MIZUSAKI, A. M.; BRESSANI L. A. 2012. O mapeamento geológico-geomorfológico como uma ferramenta para obtenção de informações geotécnicas preliminares: estudo de caso na área urbana de Santa Cruz do Sul (RS, Brasil). **Pesquisa em Geociências**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 39 (2), p. 127-145, maio/ago.

NORONHA, F. L.; BRESSANI, L. A.; MIZUSAKI, A. M. P. 2009. **O Mapeamento Geotécnico da área urbana de Santa Cruz do Sul** (RS, Brasil).

REIS, G. S.; MIZUSAKI, A. M.; ROISENBERG, A.; RUBERT, R. R. 2014. Formação Serra Geral (Cretáceo da Bacia do Paraná): um análogo para os reservatórios ígneos-básicos da margem

continental brasileira. **Pesquisas em Geociências**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 41 (2), p. 155-168, maio/ago.

FLUXOS DE CALOR E RADIAÇÃO DE ONDA LONGA EM SUPERFÍCIE DURANTE TEMPESTADE TORNÁDICA EM TAQUARITUBA/SP

Kelli Silva de Lara

Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Meteorologia

Pelotas – Rio Grande do Sul

Allef Patrick Caetano de Matos

Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Meteorologia

Pelotas – Rio Grande do Sul

André Becker Nunes

Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Meteorologia

Pelotas – Rio Grande do Sul

RESUMO: Este estudo visa analisar as condições atmosféricas de grande escala, o papel da radiação de onda longa (ROL) e os fluxos de calor sensível e latente em superfície durante a passagem de uma tempestade na cidade de Taquarituba no Estado de São Paulo. Essa tempestade desencadeou um tornado que ocorreu no dia 22 de setembro de 2013, por volta das 16:30 HL (Hora Local), provocando prejuízos à população. Neste trabalho, foram utilizados dados de reanálise do modelo *Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications* (MERRA 2) e imagens de satélite da *Geostationary Operational Environmental Satellite* (GOES-13). A partir dos dados de reanálise foram gerados campos atmosféricos e de fluxos de

calor e ROL para avaliar o comportamento desses processos na evolução da tempestade severa. Os resultados obtidos mostraram a atuação do escoamento de Noroeste em 850 hPa transportando calor e umidade sobre a região de Taquarituba e a difluência do escoamento em 250 hPa contribuindo para o disparo da convecção sobre a região. Também foi possível observar a relação entre os fluxos de calor e ROL indicando que a ROL se deve, principalmente da emissão térmica em superfície. O fluxo de calor sensível mostrou-se negativo durante os três dias analisados (21 a 23) indicando que a atmosfera cedeu energia à superfície. O fluxo de calor latente da superfície apresentou valores elevados (em torno de 240 W m^{-2}) no dia da tempestade mostrando a forte relação desta variável com o desenvolvimento de instabilidades convectivas sobre a região de Taquarituba.

PALAVRAS-CHAVE: Tornado, Escoamento de Noroeste, Difluência do Escoamento, Sistema Frontal, Tempestade Severa.

ABSTRACT: This study aims to analyze large-scale atmospheric conditions, the role of long-wave radiation (ROL), and surface and latent heat fluxes during a storm in the city of Taquarituba in the State of São Paulo. This storm triggered a tornado that occurred on

September 22, 2013, around 16:30 HL (Local Time), causing damage to the population. In this work, model reanalysis data from the Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications (MERRA 2) and satellite images of the Geostationary Operational Environmental Satellite (GOES-13) were used. From the reanalysis data were generated atmospheric fields and heat flows and ROL to evaluate the behavior of these processes in the evolution of the severe storm. The results obtained showed the performance of the Northwestern flow in 850 hPa transporting heat and humidity on the Taquarituba region and the diffluence of the flow in 250 hPa contributing to the triggering of the convection over the region. It was also possible to observe the relation between the heat flows and ROL indicating that the ROL is due mainly to the surface thermal emission. The sensible heat flux was negative during the three days analyzed (21 to 23) indicating that the atmosphere ceded energy to the surface. The latent heat flux of the surface presented high values (around 240 W m^{-2}) on the day of the storm showing the strong relation of this variable with the development of convective instabilities on the Taquarituba region.

KEYWORDS: Tornado, Northwest Flow, Flow Diffluence, Frontal System, Severe Storm.

1 | INTRODUÇÃO

Cerca de 50% da radiação solar, radiação de onda curta (ROC), consegue chegar até a superfície da Terra (Hartmann, 1994). A superfície também absorve radiação de onda longa (ROL) proveniente da atmosfera. Uma vez absorvida a radiação, esta provoca o aquecimento da superfície. De acordo com Arruda (2011), a superfície quando aquecida cede energia para o aquecimento da atmosfera (calor sensível) e para evaporação da água (calor latente). Quando a água evapora ou condensa, solidifica ou liquefaz, o calor latente é gerado ou liberado.

O aquecimento latente é uma importante forma de aquecimento diabático da atmosfera, especialmente nas nuvens em desenvolvimento (PETTY, 2008) e o calor sensível está relacionado a condução térmica. Estes fluxos de calor são componentes essenciais no balanço de energia em superfície e também contribuem para a formação de tempestades intensas. Desta forma, as tempestades apresentam um comportamento relevante na circulação global da atmosfera, pois transportam umidade, calor sensível e calor latente para as camadas superiores da troposfera e, conseqüentemente, instabilizando a atmosfera.

As regiões Sul e Sudeste do Brasil, devido a sua posição latitudinal e a diversos sistemas atmosféricos atuantes são propícias à ocorrência de eventos extremos, como precipitação intensa, descargas atmosféricas, ventos fortes, tornados, entre outros. Dentre esses eventos, o tornado tem sido observado com maior frequência nessas regiões (Silva Dias, 2011) podendo causar grandes prejuízos à população afetada. Segundo o Glossário de Meteorologia (2018), o tornado é definido como uma coluna

de ar em rotação, em contato com a superfície, pendente de uma nuvem cumuliforme, geralmente visível como uma nuvem funil e/ou como uma circulação de poeira/detritos perto da superfície. O estudo desse fenômeno e os processos envolvidos para o disparo da convecção são necessários para a compreensão desse evento severo.

Nesse sentido, o objetivo desse trabalho é analisar as condições atmosféricas de grande escala, os fluxos superficiais de calor sensível e latente e ROL no desenvolvimento de uma tempestade que atingiu o município de Taquarituba, localizada a sudoeste do Estado de São Paulo (SP). O desenvolvimento dessa tempestade desencadeou um intenso tornado que provocou prejuízos ao município e, portanto, este caso foi escolhido. De acordo com dados da Defesa Civil de SP (2018), mais de 11.600 habitantes foram afetados devido a passagem da tempestade, deixando 64 feridos e 2 vítimas fatais. O fenômeno atingiu a cidade por volta das 16:30HL (Hora Local) do dia 22 de setembro de 2013 e foi classificado conforme a Escala Fujita Melhorada (EF), com categoria EF3 – velocidade dos ventos entre 218 a 266 km h⁻¹ – (Potter, 2007). Esta escala estima a intensidade dos tornados devido a valoração dos estragos produzidos pelo fenômeno. Assim, este estudo visa contribuir para um melhor entendimento sobre os processos que favoreceram o desenvolvimento da tempestade tornádica em Taquarituba.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização desse estudo foram utilizados dados de reanálise do modelo *Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications* (Bosilovich et al., 2016), na versão 2 (MERRA 2), com resolução horizontal de 0.5°x0.66°, resolução temporal de 1 e de 3 horas e em formato netCDF-4. As variáveis obtidas foram: temperatura do ar (°C), umidade relativa (%), altura geopotencial (m), movimento vertical (Pa s⁻¹), componentes zonal e meridional do vento (m s⁻¹) em diferentes níveis da atmosfera; radiação de onda longa (W m⁻²) emitidos pela superfície, fluxos de calor sensível e calor latente (W m⁻²), correspondente às 19 UTC (horário aproximado da tempestade) para os dias 21, 22 e 23 de setembro de 2013 no município de Taquarituba (23°31'59"S, 49°14'40"W). Os campos foram plotados usando o software *Grid Analysis and Display System* (GrADS). Nesse mesmo horário foram utilizadas imagens de satélite realçadas do canal infravermelho da *Geostationary Operational Environmental Satellite* (GOES-13), acrescentando a imagem das 19:30 UTC no dia 22. Estas imagens são disponibilizadas no site de Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (DSA/INPE).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse estudo foram avaliadas as condições atmosféricas e os fluxos de calor e ROL em superfície com o propósito de compreender os processos de intensificação da tempestade. Inicialmente, foi possível identificar no dia 21 (entre 18 e 21 UTC) um sistema frontal atuando na região Sul, entre sul do Estado de Santa Catarina (SC) e ao norte do Rio Grande do Sul (RS), associada a um centro de baixa pressão no Oceano Atlântico, com núcleo de 999 hPa em torno de 40°S e 42°W. O deslocamento desse sistema frontal em superfície provoca condições instáveis sobre a região (Figuras não mostradas aqui).

Na região sul de SP, a advecção de ar quente e a convergência de umidade na troposfera inferior (850 hPa) também gera condições instáveis favorecendo a formação de nuvens sobre a região de Taquarituba (Figura 3 a). Além desses fatores, a difluência do escoamento na troposfera superior (250 hPa) favorecida pela atuação de uma ampla circulação anticiclônica, com centro em torno de 10°S;65°W e um cavado frontal na região central da Argentina, também resulta na atividade convectiva (Figuras não mostradas aqui).

No dia da ocorrência da tempestade (22), por volta do horário aproximado da passagem do tornado (entre 18 e 21 UTC) foi observado o sistema frontal se propagando em direção a região centro/norte do PR, associada a um centro de baixa pressão no Oceano Atlântico, com núcleo inferior a 996 hPa em torno de 46°S e 25°W (Figura 1 a-b). Também foi verificado ao sul de SP – onde a região estava sob atuação pré-frontal – a advecção de ar quente associado ao escoamento de Noroeste (850 hPa), com magnitude superior a 12 m s^{-1} (Figura 1 a-b) transportando calor e umidade (Figura 1 c-d) sobre a região de Taquarituba e favorecendo a intensificação das tempestades. A amplificação do cavado frontal, entre o centro e norte da Argentina, sendo contornado pelo Jato Subtropical e pelo Jato Polar Norte combinando com a ampla circulação anticiclônica (Figura 1 e) em altitude (9°S;67°W), conforme observada em horários anteriores, gera difluência do escoamento e contribui para o movimento vertical ascendente (valores de -0.6 Pa s^{-1}) sobre a superfície (Figura 1 f). Assim, estas condições contribuem para formação de áreas de instabilidade na região.

No dia posterior a tempestade (23), entre 18 e 21 UTC observa-se a queda de temperatura nos baixos níveis da troposfera após a passagem do sistema frontal sobre a região sul de SP (Figura não mostrada aqui). Com a entrada da massa de ar fria e seca nos níveis médios (500 hPa) da atmosfera inibiu a formação de nuvens de profunda convecção sobre a região (Figura 3 d).

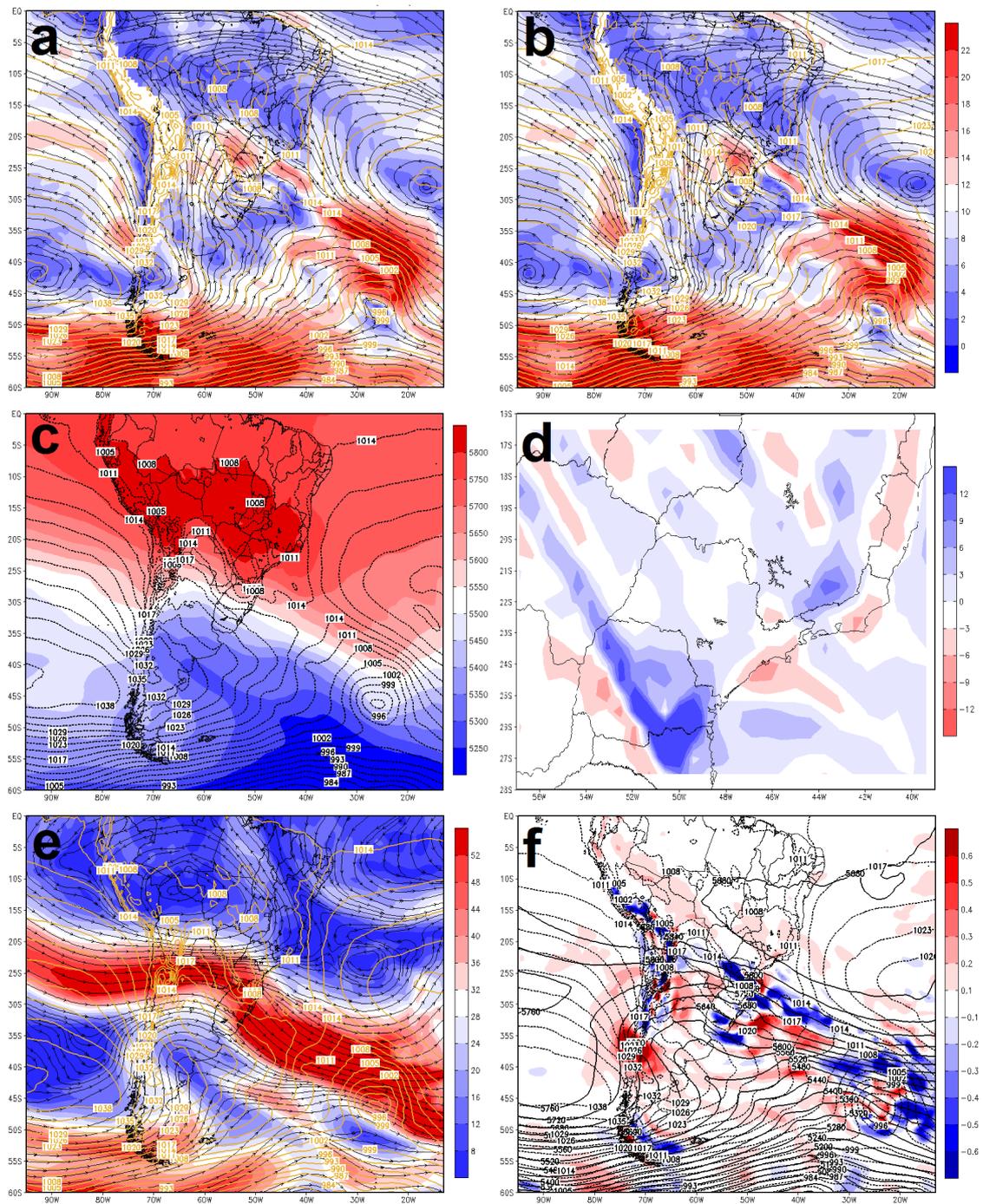


Figura 1. Campo de linha de corrente em 850 hPa, magnitude do vento (m s^{-1} , sombreado) e pressão ao nível médio do mar (contorno em laranja) em hPa às (a) 18 e (b) 21 UTC; (c) espessura da camada entre 500 e 1000 hPa (sombreado) e pressão ao nível médio do mar (pontilhado) em hPa às 18 UTC; convergência de umidade ($10^{-5} \text{ kg kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$) em 850 hPa às (d) 21 UTC; linha de corrente, magnitude do vento em (m s^{-1} , sombreado) em 250 hPa e pressão ao nível médio do mar (contorno em laranja) em hPa às (e) 18 UTC; ômega (Pa s^{-1} , sombreado), altura geopotencial (mcp, contorno) e pressão ao nível médio do mar (pontilhado) em hPa às (f) 21 UTC do dia 22/09/2013.

Diante disso, os resultados obtidos de ROL mostraram uma queda mais abrupta após a ocorrência da tempestade severa em Taquarituba. Na Figura 2 a-b, foi possível verificar no dia 21 às 19 UTC valores de aproximadamente 470 W m^{-2} de ROL, diminuindo para 460 W m^{-2} (19 UTC) no dia da ocorrência da tempestade (Figura 2 c-d) e para 430 W m^{-2} (19 UTC) no dia seguinte (Figura 2 e-f). Esse decréscimo nos valores de ROL está associado à diminuição da temperatura em superfície, devido à presença

de nebulosidade (Figura 3 a-d) e a posterior entrada de uma massa de ar polar sobre a região, conforme mencionado anteriormente. Por outro lado, uma atmosfera quente e úmida pode minimizar a perda de ROL da superfície.

Os fluxos de calor também apresentaram variações entre os dias 21 a 23. O fluxo de calor sensível apresentou valores entre -60 e -30 W m^{-2} (Figura 2 a) no dia anterior (21), se tornou mais negativo (de -60 à -90 W m^{-2}) no dia da tempestade (Figura 2 c) e subindo para 0 à -30 W m^{-2} no dia posterior (Figura 2 e). Os valores negativos indicam que a atmosfera cedeu energia à superfície – o que é comum para o horário; contudo, a variação entre os dias indica que a atmosfera estava mais energética que a superfície até o dia da tempestade, quando a diferença entre atmosfera e a superfície diminuiu. Com relação ao fluxo de calor latente, observa-se um pico acentuado no dia da tempestade, i.e., os valores aumentaram de aproximadamente 180 W m^{-2} (Figura 2 b) até atingir 240 W m^{-2} (Figura 2 d), diminuindo para valores em torno de 140 W m^{-2} no dia 23 (Figura f). Tais valores evidenciam a forte influência da nebulosidade associada a tempestade, como mostra a Figura 3 a-d, haja vista que fluxos de calor latente da superfície exercem papel importante no desenvolvimento de tempestades convectivas.

Na Figura 3 c, observa-se na imagem de satélite às 19:30UTC do dia 22 áreas de instabilidade sobre a região de Taquarituba, com topos de nuvens bastante frios (aproximadamente -60°C). Estima-se que o horário da passagem do tornado ocorreu por volta das 19:30UTC e 19:40UTC. Desta forma, estas imagens mostram que os valores de temperatura nos topos de nuvens são compatíveis com tempestades severas que podem gerar rajadas de ventos fortes, alta atividade elétrica, precipitação intensa, granizo e inclusive o tornado.

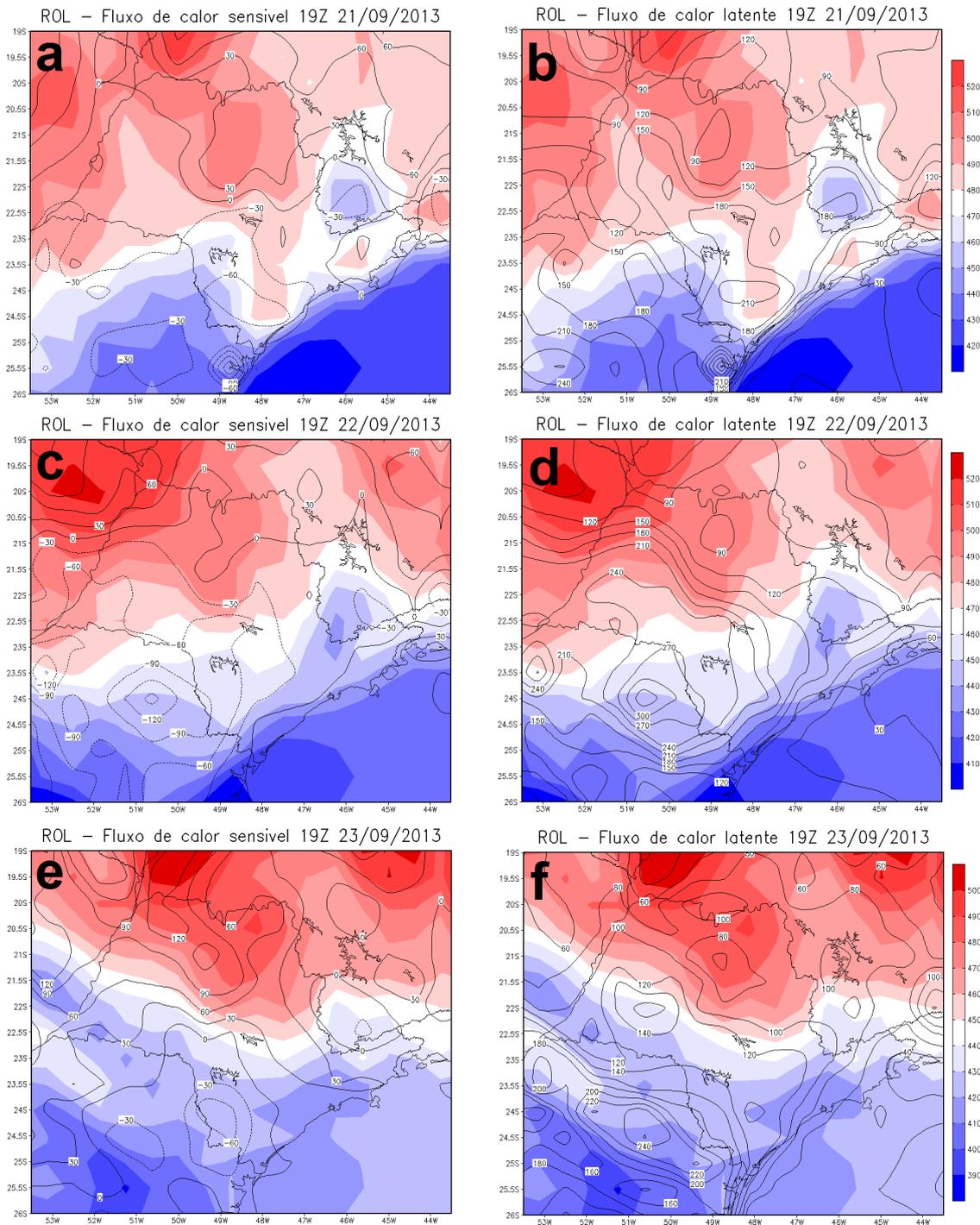


Figura 2. Campo de ROL (sombreado) e fluxo de calor sensível na superfície (a, c, e) e fluxo de calor latente na superfície (b, d, f) em $W m^{-2}$ (contorno) para os dias 21 (a, b), 22 (c, d) e 23 (e, f) às 19 UTC.

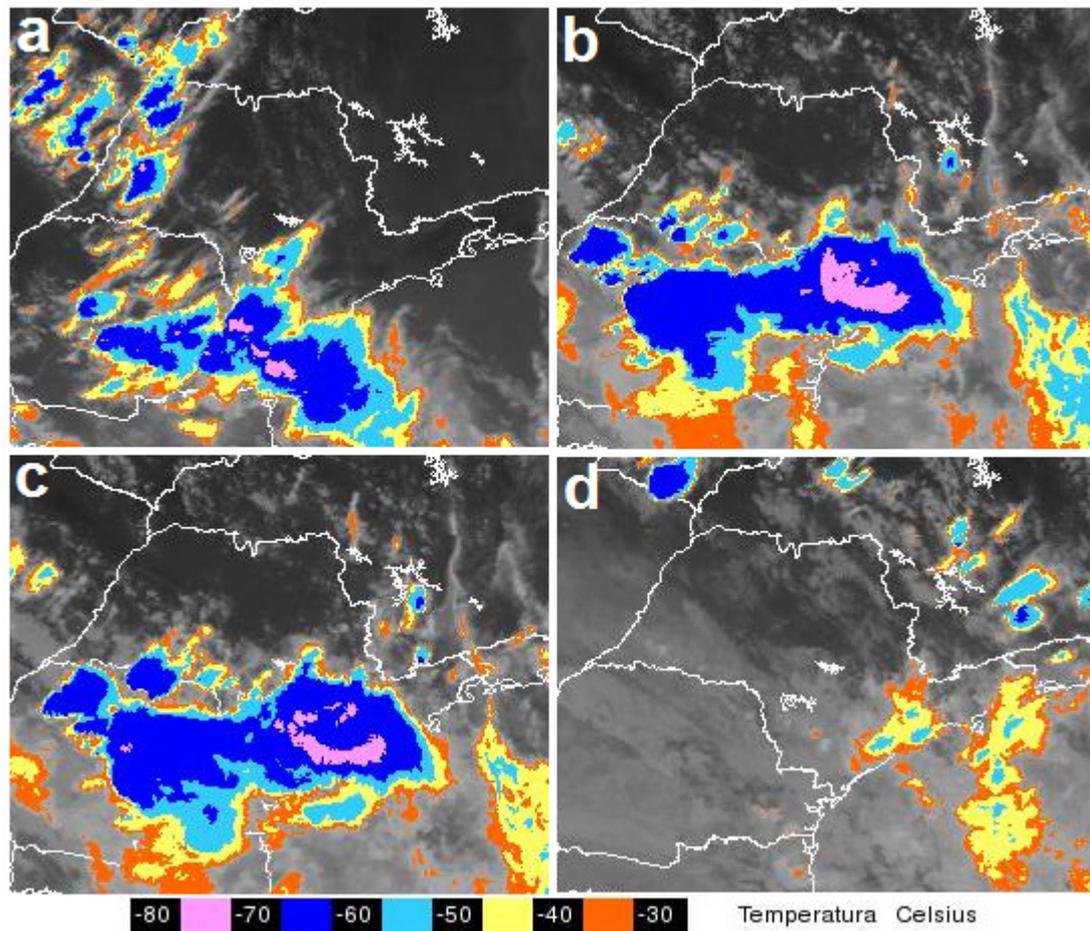


Figura 3. Imagens de satélite realçadas do canal infravermelho no dia: (a) 21/09/13 às 19UTC, (b) 22/09/13 às 19UTC, (c) 22/09/13 às 19:30UTC e (d) 23/09/13 às 19UTC.

Fonte: DSA/INPE, 2016.

4 | CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou uma análise das condições atmosféricas de grande escala, e a relação entre os fluxos de calor e ROL da superfície durante a passagem da tempestade severa que desencadeou um tornado em Taquarituba. As condições atmosféricas encontradas como a propagação do sistema frontal em superfície, o escoamento de Noroeste transportando calor e umidade em 850 hPa, a combinação entre o cavado frontal e a circulação anticiclônica em altitude tiveram papel fundamental para formação e intensificação da tempestade sobre a região.

Os valores de ROL também apresentaram relação com as condições atmosféricas observadas mostrando uma diminuição no dia anterior a tempestade para o dia da tempestade, vindo a cair mais abruptamente no dia seguinte – ressaltando que neste dia a região foi atingida pelo sistema frontal. O fluxo de calor sensível mostrou-se negativo durante os três dias estudado, o que é comum para o horário da análise, contudo, a magnitude foi decaindo, tornando-se quase nula no dia posterior a tempestade. Por outro lado, o fluxo de calor latente da superfície apresentou valores bem maiores no

dia da tempestade mostrando, como esperado, a forte relação desta variável com o desenvolvimento de instabilidades convectivas.

REFERÊNCIAS

ARRUDA, J.C. **Estudo do fechamento do balanço de energia pelo método de covariância de vórtices turbulentos em uma floresta de transição em Mato Grosso**. 2011. 135 f. Dissertação (Doutorado em Física Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso, Mato Grosso, 2011.

BOSILOVICH, M. G.; LUCCHESI, R.; SUAREZ, M. **MERRA-2: File Specification**. GMAO Office Note No. 9 (Version 1.1), 2016, 73 p. Disponível em: <http://gmao.gsfc.nasa.gov/pubs/office_notes/>. Acesso em: 15 ago. 2018.

DSA. **Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais**. Banco de Dados de Imagens. Disponível em: <<http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes.formulario.logic/>>. Acesso em: 8 jul. 2016.

GLOSSÁRIO DE METEOROLOGIA. **Tornado**. Disponível em: <<http://glossary.ametsoc.org/wiki/Tornado>>. Acesso em: 15 ago. 2018.

HARTMANN, D. L. **Global Physical Climatology**. San Diego: Academic Press, 1994. 425 p.

PETTY, G. W. **A first course in atmospheric thermodynamics**. Madison: Sundog Publishing, 2008. 352 p.

POTTER, S. **Fine-Tuning Fujita: After 35 years, a new scale for rating tornadoes takes effect**. *Weatherwise*, v. 60, n. 2, p. 64-71, 2007.

SILVA DIAS, M. A. F. **An Increase in the Number of Tornado Reports in Brazil**. *Weather, Climate, and Society*, v. 3, n.3, p. 209–217, 2011.

SINPDEC. **Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil**. Relatórios. Disponível em: <<https://s2id.mi.gov.br/paginas/relatorios/>>. Acesso em: 16 ago. 2018.

SOBRE A INTERAÇÃO DE PÓRTICOS PLANOS COM O MEIO CONTÍNUO MODELADOS PELO MEC

Welky Klefson Ferreira de Brito

Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa –
PB

José Marcílio Filgueiras Cruz,

Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa –
PB

Ângelo Vieira Mendonça

Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa –
PB

RESUMO: A interação-solo estrutura vem cada vez mais despertando o interesse da academia por trazer uma análise mais real do comportamento da estrutura como um todo. Este trabalho tem como objetivo apresentar uma formulação direta do Método dos Elementos de Contorno (MEC) para a análise da interação de pórtico planos com o solo. Para a estrutura foram utilizadas formulações já consagradas e para o solo foram utilizadas as soluções fundamentais de Melan do semi-plano infinito, onde é composta pela solução fundamental de Kelvin bidimensional somada a uma parcela complementar. Resultados obtidos são mostrados ao término analisando esforços e deslocamentos na estrutura e reações na sapata.

PALAVRAS-CHAVE: Método dos Elementos de Contorno, AISE, Solução Fundamental de Melan.

1 | INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento da construção civil e conseqüentemente o desenvolvimento dos cálculos e técnicas construtivas, edificações mais altas e com formas diversas passaram a serem construídas, necessitando de conhecimentos mais avançados por parte dos projetistas sobre a estabilidade dessas edificações. Devido a tais arranjos nas edificações e alturas cada vez maiores, a análise estrutural vem sendo feita considerando diversos efeitos, como por exemplo a interação solo-estrutura, que aqui será visto. Com isso modelos matemáticos ganham importante papel neste universo uma vez que tais estruturas conduzem a sistemas algébricos de grandes dimensões, onde o cálculo a mão é algo impraticável.

Dessa forma, será visto aqui a análise de pórtico plano (PP) em meio contínuo (semi-plano infinito) modelados pelo Método dos Elementos de Contorno (MEC) considerando a interação entre eles (interação solo-estrutura).

2 | ANÁLISE DE PÓRTICOS PLANOS PELO MEC

No problema dos pórticos planos as barras da estrutura serão estudadas sobre os efeitos: do esforço axial e da flexão. No caso da flexão

será usado o modelo de Euler-Bernoulli, cujas hipóteses serão apresentadas a seguir:

1. O problema tridimensional é aqui reduzido a apenas uma dimensão, uma vez que foi considerado que a maior dimensão do elemento, seu comprimento, é muito maior que as outras duas;
2. Barra com seção transversal uniforme;
3. No regime estático, as cargas são aplicadas de tal modo que pode ser desprezado os efeitos da energia cinética;
4. Material Elástico linear, homogêneo e isótropo;
5. A planicidade das seções é mantida durante o processo de deformação;
6. Deformação transversais da seção (efeito Poisson) são desconsideradas;
7. Pequenos deslocamentos e pequenas deformação, permitindo a superposição dos efeitos.

Considere o problema real constituído de uma barra sob ação de carregamentos axial e transversal distribuídos, conforme respectivamente mostrados na Fig. 1 a-b.

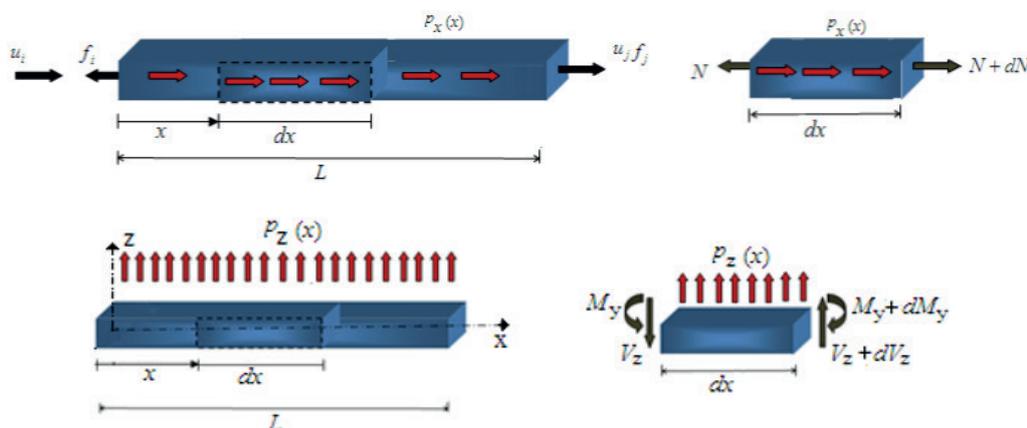


Figura 1 – a) Barra submetida a tração simples, b) barra sob flexão plana (Extraído de Cruz, 2012).

onde N , V_z , M_y representam os esforços normal, cortante e momento fletor. Do equilíbrio em forças na direção axial em um elemento infinitesimal, obtém-se a equação diferencial governante do problema da tração direta:

$$EA \frac{d^2 u(x)}{dx^2} + p_x(x) = 0 \quad (1)$$

onde $u(x)$ é deslocamento axial, E é módulo de elasticidade longitudinal e A é área transversal da barra. A relação força normal-deslocamento é dada por:

$$N(x) = EA \frac{du(x)}{dx} \quad (2)$$

Já os equilíbrios em força e momento no problema de flexão (Fig1.b), geram uma equação governante final:

$$EI_y \frac{d^4 w(x)}{dx^4} = p_z(x) \quad (3)$$

onde $w(x)$ é o deslocamento transversal e I_y é o momento principal de Inércia da barra. As relações força cortante-deslocamento e momento fletor-deslocamento são dadas respectivamente por:

$$V_z(x) = -EI_y \frac{d^3 w(x)}{dx^3}, \quad M_y(x) = -EI_y \frac{d^2 w(x)}{dx^2} \quad (4)$$

A solução do MEC requer a utilização das relações do problema real e as de um problema virtual, conhecido como problema fundamental. Esse é caracterizado como um problema análogo ao problema real, contudo ele tem dimensões infinitas e submetido a fontes pontuais. Assim a equação governante do problema fundamental de tração direta pode ser escrita de forma similar a Eq. (1), resultando em:

$$EA \frac{d^2 u^*(x, \hat{x})}{dx^2} = -p_x^*(x, \hat{x}) \quad (5)$$

onde $p_x^*(x, \hat{x}) = \delta(x, \hat{x})$, onde $\delta(x, \hat{x})$ é a delta de Dirac. Resolvendo a equação diferencial, Eq. (5), obtém-se a solução fundamental do problema de tração direta em termos de deslocamento (Cruz, 2012):

$$u^*(x, \hat{x}) = -\frac{r}{2EA} \quad (6)$$

onde $r = |x - \hat{x}|$.

O esforço normal do problema fundamental, também análogo ao problema real, é dado por:

$$N^*(x, \hat{x}) = EA \frac{du^*}{dx}(x, \hat{x}) = -\frac{1}{2} \text{sgn}(x - \hat{x}) \quad (7)$$

Analogamente, quando uma fonte transversa é aplicada no problema fundamental, a equação governante do problema é a de flexão dada por:

$$EI_y \frac{d^4 w^*(x, \hat{x})}{dx^4} = p_z^*(x, \hat{x}) \quad (8)$$

Cujas soluções fundamentais são dadas por CRUZ (2012):

$$\begin{aligned} w^*(x, \hat{x}) &= \frac{L^3}{12EI_y} \left[\left(\frac{r}{L}\right)^3 - 3\left(\frac{r}{L}\right)^2 + 2 \right] \\ \phi^*(x, \hat{x}) &= \frac{dw^*(x, \hat{x})}{dx} = -\frac{L^2 \operatorname{sgn}(x - \hat{x})}{4EI_y} \left[\left(\frac{r}{L}\right)^2 - 2\left(\frac{r}{L}\right) \right] \\ M_y^*(x, \hat{x}) &= -EI_y \frac{d^2 w^*(x, \hat{x})}{dx^2} = -\frac{L}{2} \left[\frac{r}{L} - 1 \right] \\ V_z^*(x, \hat{x}) &= -EI_y \frac{d^3 w^*(x, \hat{x})}{dx^3} = -\frac{1}{2} \operatorname{sgn}(x - \hat{x}) \end{aligned} \quad (9a - d)$$

A equação integral é uma forma equivalente à equação diferencial governante do problema, que pode ser obtida mediante aplicação do Método dos Resíduos Ponderados (MRP). No caso da tração direta, o MRP permite escrever que:

$$\int_0^L \left[EA \frac{d^2 u}{dx^2} + p_x(x) \right] u^*(x, \hat{x}) dx = 0 \quad (10)$$

onde $u^*(x, \hat{x})$ é a função ponderadora de deslocamentos ou função peso. Já no problema de flexão, a relação do MRP fica:

$$\int_0^L \left[EI_y \frac{d^4 w(x)}{dx^4} - p_z(x) \right] w^*(x, \hat{x}) dx = 0 \quad (11)$$

Segundo Cruz (2012), integrando convenientemente por partes as Eq. (10) e (11), utilizando-se convenientemente as Eq. (5) e (8), e ainda aplicando-se as propriedades do delta Dirac, equações integrais dos deslocamentos axiais e transversais da barra podem ser escritas como:

$$\begin{aligned} u(\hat{x}) - [N(x)u^*(x, \hat{x})]_0^L + [u(x)N^*(x, \hat{x})]_0^L \\ - \int_0^L [p_x(x)u^*(x, \hat{x})] dx = 0 \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} w(\hat{x}) - [V_z(x)w^*(x, \hat{x})]_0^L + [M_y(x)\phi^*(x, \hat{x})]_0^L + [\phi(x)M_y^*(x, \hat{x})]_0^L \\ + [w(x)V_z^*(x, \hat{x})]_0^L - \int_0^L [p_z(x)w^*(x, \hat{x})] dx = 0 \end{aligned} \quad (13)$$

No caso de problema de flexão, tem-se duas condições de contorno desconhecidas, e apenas uma equação integral até o momento disponibilizada. Assim, para tornar possível a solução do problema é necessária a obtenção de uma equação adicional. Isso pode ser feito derivando-se no ponto fonte a Eq. (13), $\phi(\hat{x}) = -\frac{dw(\hat{x})}{d\hat{x}}$, resultando na equação da inclinação da elástica dada por:

$$-\phi(\hat{x}) - [V_z(x)w_{,\hat{x}}^*(x, \hat{x})] - [M_y(x)\phi_{,\hat{x}}^*(x, \hat{x})] + [\phi(x)M_{y,\hat{x}}^*(x, \hat{x})] + [w(x)V_{z,\hat{x}}^*(x, \hat{x})] - \int_0^L [p_z(x)w^*(x, \hat{x})]dx = 0 \quad (14)$$

A transição da representação integral para a algébrica requer a colocação do ponto fonte nas extremidades da barra, isto é, em $\hat{x} \rightarrow 0$ e $\hat{x} \rightarrow L$ nas Eq. (12), (13) e (14). Além disso, após o cálculo das soluções fundamentais nas devidas colocações do ponto fonte o sistema algébrico toma a forma a seguir (Cruz, 2012):

$$\begin{bmatrix} u_i \\ w_i \\ \phi_i \\ u_j \\ w_j \\ \phi_j \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -1/2 & 0 & 0 & \alpha_x & 0 & 0 \\ 0 & -1/2 & -\alpha_{y1} & 0 & -1/2 & 0 \\ 0 & 0 & -1/2 & 0 & 0 & -1/2 \\ \alpha_x & 0 & 0 & -1/2 & 0 & 0 \\ 0 & -1/2 & 0 & 0 & -1/2 & \alpha_{y1} \\ 0 & 0 & -1/2 & 0 & 0 & -1/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_i \\ w_i \\ \phi_i \\ u_j \\ w_j \\ \phi_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & -\beta_x & 0 & 0 \\ 0 & -\beta_{y1} & 0 & 0 & 0 & \beta_{y2} \\ 0 & 0 & -\beta_{y3} & 0 & -\beta_{y2} & 0 \\ -\beta_x & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \beta_{y2} & 0 & \beta_{y1} & 0 \\ 0 & -\beta_{y2} & 0 & 0 & 0 & \beta_{y3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} N_i \\ V_{zi} \\ M_{yi} \\ N_j \\ V_{zj} \\ M_{yj} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} f_{xi} \\ f_{z1i} \\ f_{\phi1i} \\ f_{xj} \\ f_{z1j} \\ f_{\phi1j} \end{bmatrix}$$

onde $\alpha_x = -1/2$, $\beta_x = L/2EA$, $f_{xi} = f_x(0) = \frac{1}{2EA} \int_0^L p_x(x)x dx$ e $f_{xj} = f_x(L) = \frac{1}{2EA} \int_0^L p_x(x)(-x+L)dx$, $\alpha_{y1} = L/2$, $\beta_{y1} = L^3/6EI_y$, $\beta_{y2} = L^2/4EI_y$, $\beta_{y3} = L/2EI_y$, $f_{z1}(0) = \int_0^L p_z(x)w^*(x,0)dx$, $f_{z1}(L) = \int_0^L p_z(x)w^*(x,L)dx$, $f_{\phi1}(0) =$ (15)

$-\int_0^L p_z(x)w^*_{,x}(x,0)dx$, $f_{\phi1}(L) = -\int_0^L p_z(x)w^*_{,x}(x,L)dx$,. Convém notar que os termos do vetor de carga no caso deles serem constantes fica:

$$f_{xi} = f_{xj} = \frac{L}{2EA}, f_{z1}(0) = \frac{5L^4}{48EI_y}, f_{z1}(L) = \frac{5L^4}{48EI_y}, f_{\phi1}(0) = -\frac{L^3}{6EI_y}, f_{\phi1}(L) = \frac{L^3}{6EI_y}$$

Quando a estrutura é formada por barras inclinadas entre si a montagem do sistema final de equações pode requerer manipulações algébricas intermediárias muito

trabalhosas. Por isso neste trabalho optou-se por uma estratégia de sequenciamento conveniente das contribuições de cada barra. A primeira etapa é associada a unificação dos sistemas de coordenadas locais (SCLU), que constitui uniformizar as direções dos graus de liberdade dos esforços para os de deslocamento. Em seguida adota-se um segundo sistema de referência, chamado de global (SCG), associado a cada barra e com as direções associadas a estrutura. As grandezas grafadas com barra superior se referem ao SCLU enquanto sem barra SCL.

Dessa forma, o sistema algébrico da barra no SCLU será:

$$[I]\{\bar{u}\} + [\hat{h}]\{\bar{u}\} = [g]\{\bar{p}\} + \{\bar{f}\} \quad (16)$$

A forma explícita de Eq.(16) é dada por:

$$\begin{bmatrix} \bar{u}_i \\ \bar{w}_i \\ \bar{\varphi}_i \\ \bar{u}_j \\ \bar{w}_j \\ \bar{\varphi}_j \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -1/2 & 0 & 0 & \alpha_x & 0 & 0 \\ 0 & -1/2 & -\alpha_{y1} & 0 & -1/2 & 0 \\ 0 & 0 & -1/2 & 0 & 0 & -1/2 \\ \alpha_x & 0 & 0 & -1/2 & 0 & 0 \\ 0 & -1/2 & 0 & 0 & -1/2 & \alpha_{y1} \\ 0 & 0 & -1/2 & 0 & 0 & -1/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{u}_i \\ \bar{w}_i \\ \bar{\varphi}_i \\ \bar{u}_j \\ \bar{w}_j \\ \bar{\varphi}_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & \beta_x & 0 & 0 \\ 0 & \beta_{y1} & 0 & 0 & 0 & \beta_{y2} \\ 0 & 0 & \beta_{y3} & 0 & -\beta_{y2} & 0 \\ \beta_x & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \beta_{y2} & 0 & \beta_{y1} & 0 \\ 0 & -\beta_{y2} & 0 & 0 & 0 & \beta_{y3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{N}_i \\ \bar{V}_{zi} \\ \bar{M}_{yi} \\ \bar{N}_j \\ \bar{V}_{zj} \\ \bar{M}_{yj} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \bar{f}_{xi} \\ \bar{f}_{z1i} \\ \bar{f}_{\varphi1i} \\ \bar{f}_{xj} \\ \bar{f}_{z1j} \\ \bar{f}_{\varphi1j} \end{bmatrix} \quad (17)$$

A Figura 2 mostra os graus de liberdade no SCLU.

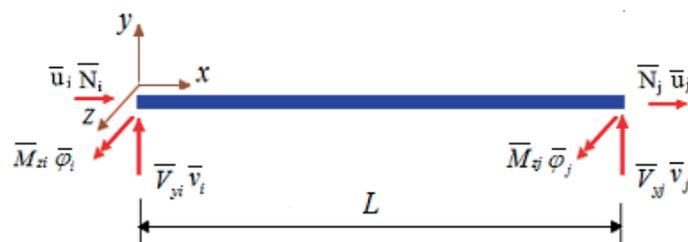


Figura 2 - SCLU de barra de pórtico plano. (Extraído de Cruz, 2012)

Para que seja viabilizado o acúmulo algébrico das contribuições advindas das barras para montagem do sistema da estrutura, são necessários que as equações referidas a seus sistemas locais (SCLU) sejam transformadas para o Sistema de Coordenadas Globais (SCG). Dessa forma, os deslocamentos, esforços e forças de corpo no SCLU são correlacionados ao SCG da seguinte maneira:

$$\{u\} = [R]\{U\}; \{p\} = [R]\{P\}; \{f\} = [R]\{F\} \quad (18a - c)$$

A Figura 3 mostra as coordenadas locais em relação às globais.

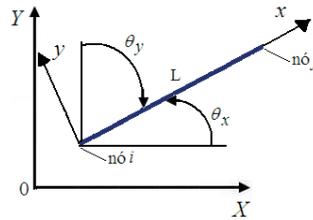


Figura 3 - Coordenadas globais OXY e coordenadas locais principais 0xy. (Extraída de Cruz 2012).

A matriz de transformação para o pórtico plano é de ordem $3.nno \times 3.nno$ e é representada por:

$$[R] = \begin{bmatrix} [C] & [0] \\ [0] & [C] \end{bmatrix} \quad (19)$$

onde, $[R] = \begin{bmatrix} C_x & C_y & 0 \\ -C_y & C_x & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ e $[0]$ possui todos seus elementos nulos. Os elementos C_x e C_y correspondem aos cossenos diretores em relação ao SCG, sendo $C_x = \cos\theta_x = \frac{X_j + X_i}{L}$ e $L = \sqrt{(X_j + X_i)^2 + (Y_j + Y_i)^2}$, comprimento da barra, como mostrado na Fig. 3.

Substituindo as Eq. (18) na Eq. (16), obtém-se:

$$[I]\{U\} + [\hat{H}]\{U\} = [G]\{P\} + \{F\} \quad (20)$$

$$\text{onde } [\hat{H}] = [R]^T [\hat{h}] [R], [G] = [R]^T [g] [R] \text{ e } \{F\} = [R]^T \{f\}$$

Após a escrita das contribuições das barras no SCG, a montagem da representação algébrica do pórtico é baseada na utilização da técnica da sub-região, que consiste em impor condições de equilíbrio e condições de compatibilidade de deslocamentos em cada nó que recebe as barras concorrentes.

Para elucidar a montagem do sistema de equações do pórtico plano indicado na Fig. 4, serão considerados duas barras concorrentes no nó 3 e outras duas concorrentes no nó 4. Dessa forma, indicam-se as barras (1), (2) e (3) sendo que, as barras (1) e (3) concorrem no nó 3 e as barras (2) e (3) no nó 4.

Assim, as equações algébricas para cada uma das barras no SCG são:

$$\begin{cases} [H^{(1)}_{11}]\{U_1\} + [H^{(1)}_{12}]\{U_3\} = [G^{(1)}_{11}]\{P_9\} + [G^{(1)}_{12}]\{P_5\} \\ [H^{(1)}_{21}]\{U_1\} + [H^{(1)}_{22}]\{U_5\} = [G^{(1)}_{21}]\{P_9\} + [G^{(1)}_{22}]\{P_5\} \end{cases} \quad (21)$$

$$\begin{cases} [H^{(2)}_{22}]\{U_2\} + [H^{(2)}_{23}]\{U_4\} = [G^{(2)}_{22}]\{P_6\} + [G^{(2)}_{23}]\{P_{10}\} \\ [H^{(2)}_{32}]\{U_4\} + [H^{(2)}_{33}]\{U_3\} = [G^{(2)}_{32}]\{P_6\} + [G^{(2)}_{33}]\{P_{10}\} \end{cases} \quad (22)$$

$$\begin{cases} [H^{(3)}_{33}]\{U_3\} + [H^{(3)}_{34}]\{U_4\} = [G^{(3)}_{33}]\{P_7\} + [G^{(3)}_{34}]\{P_8\} \\ [H^{(3)}_{43}]\{U_3\} + [H^{(3)}_{44}]\{U_4\} = [G^{(3)}_{43}]\{P_7\} + [G^{(3)}_{44}]\{P_8\} \end{cases} \quad (23)$$

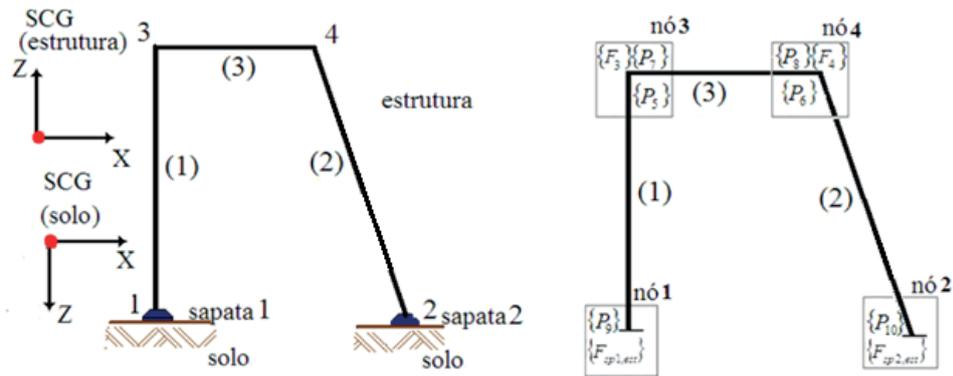


Figura 4 – Pórtico plano. (Extraída de Cruz, 2012).

Dessa forma, de acordo com a Fig. 4, devemos aplicar as condições de compatibilidade de deslocamento em todos os nós, resultando em:

$$\begin{aligned} \{U_1\} &= \{U_{sp1,est}\}; \{U_2\} = \{U_{sp2,est}\}; \\ \{U_3\} &= \{U_5\} = \{U_7\}; \{U_4\} = \{U_6\} = \{U_8\} \end{aligned} \quad (24 \text{ a - d})$$

E ainda deve-se garantir as condições de equilíbrio do mesmo:

$$\begin{aligned} \{P_9\} + \{F_{sp1,est}\} &= \{0\}; \{P_5\} + \{P_7\} = \{F_3\} \\ \{P_6\} + \{P_8\} &= \{F_4\}; \{P_{10}\} + \{F_{sp2,est}\} = \{0\} \end{aligned} \quad (25 \text{ a - d})$$

onde $\{P_4\}$ e $\{P_5\}$ correspondem aos vetores que contém os esforços à direita e à esquerda, respectivamente, do nó 2 e $\{F\}$ contém as forças e momentos que são aplicadas diretamente neste nó. Substituindo as Eq. (24) e (25) nas Eq. (21), (22) e (23), e reagrupando, é obtido o sistema algébrico da estrutura:

$$\begin{bmatrix}
[H_{11}^{(1)}] & [0] & [H_{12}^{(1)}] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & -[G_{12}^{(1)}] & -[G_{11}^{(1)}] & [0] \\
[H_{21}^{(1)}] & [0] & [H_{22}^{(1)}] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & -[G_{22}^{(1)}] & -[G_{21}^{(1)}] & [0] \\
[0] & [H_{32}^{(2)}] & [0] & [H_{33}^{(2)}] & -[G_{32}^{(2)}] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & -[G_{33}^{(2)}] \\
[0] & [0] & [H_{43}^{(3)}] & [H_{44}^{(3)}] & [0] & -[G_{43}^{(3)}] & -[G_{44}^{(3)}] & [0] & [0] & [0] & [0] \\
[0] & [H_{22}^{(2)}] & [0] & [H_{23}^{(2)}] & -[G_{22}^{(2)}] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & -[G_{23}^{(2)}] \\
[0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [I] & [0] & [0] & [0] & [I] & [0] \\
[0] & [0] & [H_{33}^{(3)}] & [H_{34}^{(3)}] & [0] & -[G_{33}^{(3)}] & -[G_{34}^{(3)}] & [0] & [0] & [0] & [0] \\
[0] & [0] & [0] & [0] & [I] & [0] & [I] & [0] & [0] & [0] & [0] \\
[0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [I] & [0] & [0] \\
[0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [I]
\end{bmatrix}
\begin{Bmatrix}
\{U_1\} \\
\{U_2\} \\
\{U_3\} \\
\{U_4\} \\
\{P_6\} \\
\{P_7\} \\
\{P_8\} \\
\{P_9\} \\
\{P_5\} \\
\{P_{10}\}
\end{Bmatrix}
=
\begin{bmatrix}
[0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] \\
[0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] \\
[0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] \\
[0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] \\
[0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] \\
[0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [I] & [0] & [0] & [0] & [0] \\
[0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] \\
[0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [I] & [0] & [0] \\
[0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & -[I] & [0] \\
[0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & -[I]
\end{bmatrix}
\begin{Bmatrix}
\{0\} \\
\{0\} \\
\{0\} \\
\{0\} \\
\{0\} \\
\{F_3\} \\
\{0\} \\
\{F_4\} \\
\{F_{sp1,est}\} \\
\{F_{sp2,est}\}
\end{Bmatrix}
\quad (26)$$

3 I INTERAÇÃO SOLO-ESTRUTURA

A estratégia para representação da interação solo-estrutura tem como principais características:

- O solo tomado como um semi-plano elástico, homogêneo e isótropo submetido a ações estáticas horizontais e verticais atuando na sua superfície;
- Sapata admitida como rígida, cada uma apoiando uma única barra;
- Forças de corpo desprezadas;
- A superestrutura é um pórtico plano modelado pelo MEC.

Neste trabalho o solo será admitido como um problema contínuo elástico semi-plano, conhecido como problema de Melan. Esse problema fundamental está associado a um corpo elástico de domínio semi-plano, cuja superfície é livre de tensões e submetido a fontes pontuais em seu interior, conforme mostra a Fig. 5. As soluções desse problema apresentadas por Melan (1943) foram obtidas empregando-se ferramentas matemáticas mais avançadas.

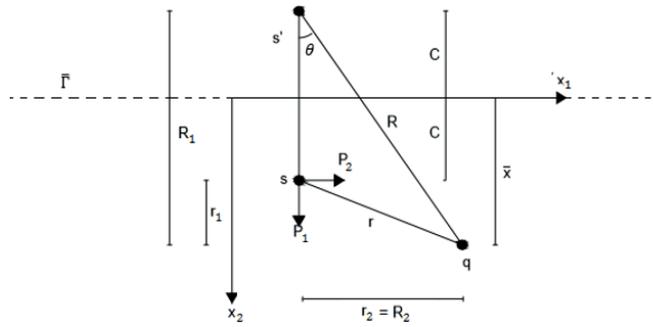


Figura 5 - Cargas pontuais unitárias aplicadas dentro do semi-plano.

Telles e Brebbia (1980) obtiveram as mesmas expressões de Melan utilizando-se um caminho alternativo. Na proposição deles, o problema de Melan pode ser recuperado pela superposição do problema de domínio plano infinito de Kelvin e de um problema complementar. Isto é: $()^M = ()^k + ()^c$. Segundo Love(1944), as soluções do problema de Kelvin são dadas por:

$$u^k_{ij} = \frac{-1}{8\pi G(1-\nu)} [(3-4\nu)\ln r \delta_{ij} - r_{,i}r_{,j}] \quad (27)$$

onde G é o módulo de elasticidade transversal do solo, ν é o coeficiente de Poisson do solo e $r=(r_1r_2)^{1/2}$, sendo $r_1=x_1(q) - x_1(s)$.

Já as expressões complementares, dadas por Telles e Brebbia (1980) correspondentes aos deslocamentos na direção j devido a ação de uma força unitária na direção i no domínio do problema, são dadas por:

$$u_{22}^c = K_d \left\{ -[8(1-\nu)^2 - (3-4\nu)]\ln R + \frac{[(3-4\nu)R^2 - 2c\bar{x}]}{R^2} + \frac{4c\bar{x}R^2}{R^4} \right\}$$

$$u_{21}^c = K_d \left\{ \frac{(3-4\nu)r_1r_2}{R^2} + \frac{4c\bar{x}R_1r_2}{R^4} - 4(1-\nu)(1-2\nu)\theta \right\}$$

$$u_{12}^c = K_d \left\{ \frac{(3-4\nu)r_1r_2}{R^2} - \frac{4c\bar{x}R_1r_2}{R^4} + 4(1-\nu)(1-2\nu)\theta \right\}$$

$$u_{11}^c = K_d \left\{ -[8(1-\nu)^2 - (3-4\nu)]\ln R + \frac{[(3-4\nu)r^2 - 2c\bar{x}]}{R^2} - \frac{4c\bar{x}r^2}{R^4} \right\}$$

(28 a - d)

onde: $\theta = \arctg\left(\frac{R_2}{R_1}\right)$, $R=(R_1R_2)^{1/2}$, $R_1 = x_1(q) - x_1(s')$, $c=x_1(s) \geq 0$, $\bar{x} = x_1(q) \geq 0$, $k_d=1/[8\pi G(1-\nu)]$, s é o ponto fonte, q o ponto campo e s' a imagem de s.

Quando a colocação do ponto fonte e a resposta no ponto campo estão sobre a superfície livre, as soluções de Melan ficam:

$$\begin{aligned}
u_{22}^M &= u_{22}^k + u_{22}^c = -\frac{(1-\nu)}{\pi G} \ln r \\
u_{21}^M &= u_{21}^k + u_{21}^c = -u_{12}^M = -\frac{(1-2\nu)}{2G} \operatorname{sgn}(x-\hat{x}) \\
u_{11}^M &= u_{11}^k + u_{11}^c = -\frac{(1-\nu)}{\pi G} \ln r + \frac{1}{2\pi G}
\end{aligned}
\tag{29 a - d}$$

$$\text{onde } \operatorname{sgn}(x-\hat{x}) = \begin{cases} -1 & \rightarrow x < \hat{x} \\ 1 & \rightarrow x > \hat{x} \end{cases}$$

Desprezando-se as forças volumétricas, a representação integral para sólidos elásticos, conhecida como identidade Somigliana, é escrita da seguinte forma (Telles e Brebbia, 1980):

$$c_{ij}(s)u_i(s) + \int_{\Gamma} p^*_{ij}(q,s)u_j(q)d\Gamma = \int_{\Gamma} u^*_{ij}(q,s)p_j(q)d\Gamma \tag{30}$$

onde c_{ij} caracteriza a natureza da localização do ponto, sendo $c_{ij}(s) = 0$ para colocações do ponto-fonte fora do domínio; $c_{ij}(s) = 1/2$ para colocações em contornos suaves, e $c_{ij}(s) = 1$ para colocações no domínio.

Como o problema em estudo refere-se apenas a pórticos planos apoiados na superfície do solo, pode-se utilizar o conceito de superfícies livres de tensão que a solução de Melan é associada implicando em $p_{ij}^* = 0$, então a Eq. (46) pode ser reduzida a:

$$u_i = \int_{\Gamma} u_{ij}^M p_j d\Gamma \tag{31}$$

onde u_i representa a componente do deslocamento na direção i , p_j a componente da força de superfície na direção j , i e j variam de 1 a 2.

Admitindo que as forças de superfície sofram variação linear no domínio dos elementos de contorno linear, elas podem ser interpoladas como:

$$\begin{Bmatrix} p_1 \\ p_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \varphi_1 & 0 & \varphi_2 & 0 \\ 0 & \varphi_1 & 0 & \varphi_2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} p_1^1 \\ p_2^1 \\ p_1^2 \\ p_2^2 \end{Bmatrix} \tag{32}$$

Onde $\{p_n^m\}$ são as forças de superfícies nodais no nó $n=1,2$ do elemento e $m=1,2,3$ as coordenadas ou graus de liberdade em cada nó do elemento linear. As funções interpoladoras φ_1 e φ_2 estão indicadas na Fig. 6.

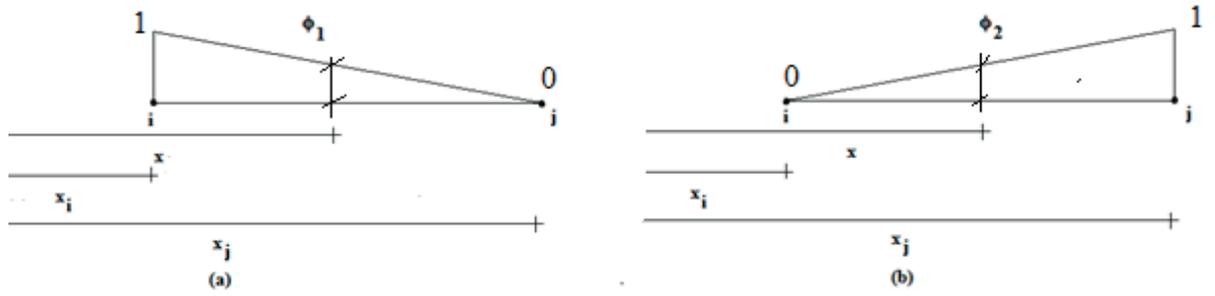


Figura 6 - Funções de interpolação.

De acordo com a Fig. 6 (a), são dadas as funções interpoladoras:

$$\varphi_1 = 1 - \frac{\bar{x}}{L}; \quad \varphi_2 = \frac{\bar{x}}{L} \quad (33 \text{ a - b})$$

onde \bar{x} é a coordenada global e $\bar{x} = x - x_i$ e $L = x_j - x_i$. Da explicitação da integral Eq. (31) obtém-se:

$$\begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{Bmatrix} = \int_{\Gamma_{et}} \begin{bmatrix} u_{11}^M & u_{12}^M \\ u_{21}^M & u_{22}^M \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} p_1 \\ p_2 \end{Bmatrix} d\Gamma \quad (34)$$

Substituindo Eq. (32) na (34), obtém-se:

$$\begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} & g_{13} & g_{14} \\ g_{21} & g_{22} & g_{23} & g_{24} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} p_1^1 \\ p_2^1 \\ p_1^2 \\ p_2^2 \end{Bmatrix} \quad (35)$$

onde $g = \int u^* \varphi d\Gamma$, sendo definidos abaixo:

$$g_{11} = \int_{\Gamma} u_{11}^* \varphi_1 d\Gamma = \int_0^L -\frac{(1-\nu)}{\pi G} \ln r \varphi_1 d\Gamma + \int_0^L \frac{1}{2\pi G} \varphi_1 d\Gamma,$$

$$g_{13} = \int_{\Gamma} u_{11}^* \varphi_2 d\Gamma = \int_0^L -\frac{(1-\nu)}{\pi G} \ln r \varphi_2 d\Gamma + \int_0^L \frac{1}{2\pi G} \varphi_2 d\Gamma,$$

$$g_{12} = \int_{\Gamma} u_{12}^* \varphi_1 d\Gamma = -g_{21}, \quad g_{14} = \int_{\Gamma} u_{12}^* \varphi_2 d\Gamma = g_{21},$$

$$g_{21} = \int_{\Gamma} u_{21}^* \varphi_1 d\Gamma = \int_0^L -\frac{(1-2\nu)}{2G} \varphi_1 d\bar{x},$$

$$g_{22} = \int_{\Gamma} u_{22}^* \varphi_1 d\Gamma = \int_0^L -\frac{(1-\nu)}{\pi G} \ln r \varphi_1 d\bar{x},$$

$$g_{23} = \int_{\Gamma} u_{21}^* \varphi_2 d\Gamma = \int_0^L -\frac{(1-2\nu)}{2G} \varphi_2 d\bar{x},$$

$$g_{24} = \int_{\Gamma} u_{22}^* \varphi_2 d\Gamma = \int_0^L -\frac{(1-\nu)}{\pi G} \ln r \varphi_2 d\bar{x}$$

(36a - h)

Torna-se necessário agora determinar o valor das integrais que aparecem nas Eq. (36a-h). Porém atenção deve ser dada quanto a colocação do ponto fonte, que pode ser antes do elemento de contorno ou após, fazendo com que se definam valores para $\hat{x} < \bar{x} + x_i$ e $\hat{x} > \bar{x} + x_i$, conforme Fig. 7.

Assim foram calculadas as integrais analiticamente para os dois intervalos abaixo:

A. $\hat{x} < \bar{x} + x_i$

Sendo a figura 7 (a) e (b), temos que $r = |x - \hat{x}|$, onde $\bar{x} = x - x_i$ e $r = |\bar{x} + x_i - \hat{x}|$. Dessa forma foram calculadas as integrais Eq. (37) a (38) conforme Fig. 7 (a) e (b), respectivamente.

$$\blacksquare \quad \varphi_1 = \left(1 - \frac{\bar{x}}{L}\right) \rightarrow \int_0^L \ln r \varphi_1 d\bar{x} = \int_0^L \ln r \left(1 - \frac{\bar{x}}{L}\right) d\bar{x} = \int_0^L \ln(\bar{x} + x_i - \hat{x}) \left(1 - \frac{\bar{x}}{L}\right) d\bar{x}$$

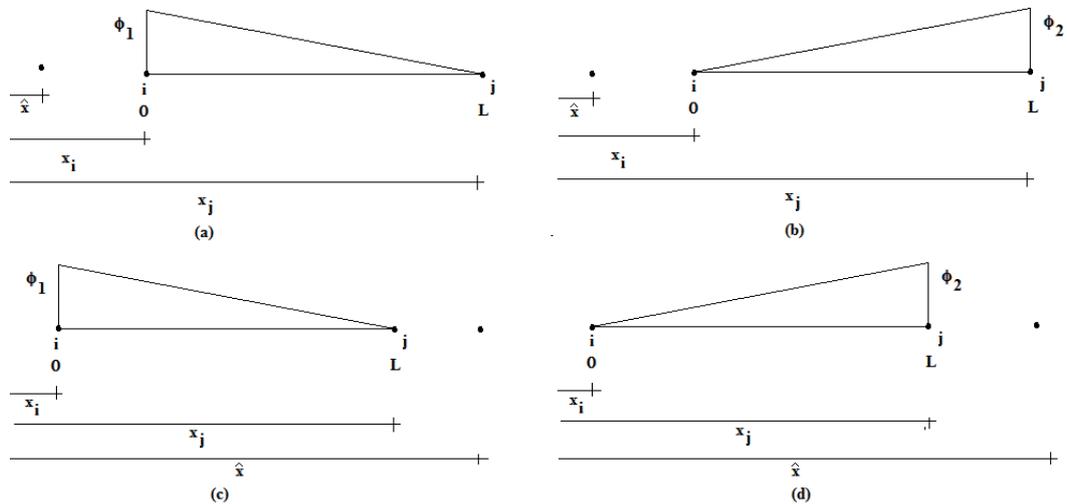


Figura 7 - Colocação do ponto-fonte no elemento de contorno e medindo seu efeito sobre um ponto x qualquer.

Fazendo $z = \bar{x} + x_i - \hat{x}$, $a = x_i - \hat{x}$, $b = x_j - \hat{x}$ e sendo $L = x_j - x_i$, tem-se:

$$\int_a^b \ln z \left(\frac{a-z}{L} + 1\right) dz = -\frac{1}{L} [f_2(b) - f_2(a)] + \left(\frac{a}{L} + 1\right) [f_1(b) - f_1(a)] \quad (37)$$

onde $f_1(z) = z(\ln z - 1)$ e $f_2(z) = \frac{z^2}{2} \left(\ln z - \frac{1}{2}\right)$.

$$\blacksquare \quad \varphi_2 = \left(\frac{\bar{x}}{L}\right) \rightarrow \int_0^L \ln r \varphi_2 d\bar{x} = \int_0^L \ln r \left(\frac{\bar{x}}{L}\right) d\bar{x} = \int_0^L \ln(\bar{x} + x_i - \hat{x}) \left(\frac{\bar{x}}{L}\right) d\bar{x}$$

Fazendo $z = \bar{x} + x_i - \hat{x}$, $a = x_i - \hat{x}$, $b = x_j - \hat{x}$ e sendo $L = x_j - x_i$, tem-se

$$\int_a^b \ln z \left(\frac{z-a}{L}\right) dz = \frac{1}{L} [f_2(b) - f_2(a)] - \left(\frac{a}{L}\right) [f_1(b) - f_1(a)] \quad (38)$$

onde $f_1(z) = z(\ln z - 1)$ e $f_2(z) = \frac{z^2}{2}(\ln z - \frac{1}{2})$

B. $\hat{x} > \bar{x} + x_i$

Sendo a figura 7 (c) e (d), tem-se que $r=|\hat{x}-\bar{x}|$, onde $\bar{x}=x-x_i$ e $r=|\hat{x}-x_i-\bar{x}|$. Dessa forma foram calculadas as integrais Eq. (39) a (40) conforme Fig. 7 (c) e (d), respectivamente.

$$\bullet \quad \varphi_1 = \left(1 - \frac{\bar{x}}{L}\right) \rightarrow \int_0^L \ln r \varphi_1 d\bar{x} = \int_0^L \ln r \left(1 - \frac{\bar{x}}{L}\right) d\bar{x} = \int_0^L \ln(\hat{x} - \bar{x} - x_i) \left(1 - \frac{\bar{x}}{L}\right) d\bar{x}$$

Fazendo $z=\hat{x}-\bar{x}-x_i$, $c=\hat{x}-x_i$, $d=\hat{x}-x_j$ e sendo $L=x_j-x_i$, tem-se:

$$-\int_c^d \ln z \left(\frac{z-c}{L} + 1\right) dz = -\frac{1}{L}[f_2(d) - f_2(c)] - \left(1 - \frac{c}{L}\right)[f_1(d) - f_1(c)] \quad (39)$$

onde $f_1(z) = z(\ln z - 1)$ e $f_2(z) = \frac{z^2}{2}(\ln z - \frac{1}{2})$.

$$\bullet \quad \varphi_2 = \left(\frac{\bar{x}}{L}\right) \rightarrow \int_0^L \ln r \varphi_2 d\bar{x} = \int_0^L \ln r \left(\frac{\bar{x}}{L}\right) d\bar{x} = \int_0^L \ln(\hat{x} - \bar{x} - x_i) \left(\frac{\bar{x}}{L}\right) d\bar{x}$$

Fazendo $z=\hat{x}-\bar{x}-x_i$, $c=\hat{x}-x_i$, $d=\hat{x}-x_j$ e sendo $L=x_j-x_i$, resulta:

$$-\int_c^d \ln z \left(\frac{c-z}{L}\right) dz = \frac{1}{L}[f_2(d) - f_2(c)] - \left(\frac{c}{L}\right)[f_1(d) - f_1(c)] \quad (40)$$

onde $f_1(z) = z(\ln z - 1)$ e $f_2(z) = \frac{z^2}{2}(\ln z - \frac{1}{2})$.

Para a colocação do ponto fonte à esquerda do elemento de contorno, as funções $F1(c,d)$ e $F2(c,d)$ ficam:

$a \geq 0$ e $b \geq 0$

$$\begin{aligned} F1(a, b) &= -[f_2(b) - f_2(a)] + (a + L)[f_1(b) - f_1(a)] \\ F2(a, b) &= [f_2(b) - f_2(a)] - a[f_1(b) - f_1(a)] \end{aligned} \quad (41 a - b)$$

Com $a=-\hat{x}-x_i$ e $b=-\hat{x}+x_j$. Já para a colocação à direita do elemento as funções $F1(c,d)$ e $F2(c,d)$ ficam:

$a < 0$ e $v < 0$

$$\begin{aligned} F1(a, b) &= -[f_2(b) - f_2(a)] + (a + L)[f_1(b) - f_1(a)] \\ F2(a, b) &= [f_2(b) - f_2(a)] + a[f_1(b) - f_1(a)] \end{aligned} \quad (42 \text{ a - b})$$

Dessa forma, os elementos g são finalmente:

$$\begin{aligned} g_{11} &= -\frac{(1-\nu)}{L\pi G} F1(a, b) + \frac{L}{4\pi G}; \quad g_{12} = -g_{21}; \quad g_{13} = -\frac{(1-\nu)}{L\pi G} F2(a, b) + \frac{L}{4\pi G} \\ g_{14} &= g_{21}; \quad g_{21} = -\frac{(1-2\nu)L}{4G}; \quad g_{22} = -\frac{(1-\nu)}{L\pi G} F1(a, b) \\ g_{23} &= -\frac{(1-2\nu)L}{4G}; \quad g_{24} = -\frac{(1-\nu)}{L\pi G} F2(a, b) \end{aligned} \quad (43a - h)$$

onde $f_1(z) = z(\ln z - 1)$ e $f_2(z) = \frac{z^2}{2}(\ln z - \frac{1}{2})$.

Para o solo tem-se a expressão algébrica $\{\bar{U}_s\} = [\bar{G}_s]\{\bar{P}_s\}$, obtida a partir da Eq. (35) e das Eq. (43a-h) para todos os elementos, onde $\{\bar{P}_s\}$ corresponde aos vetores das forças de superfície e $\{\bar{U}_s\}$ dos deslocamentos de todos os nós dos elementos de contorno discretizados na superfície do solo. Escrevendo as forças de superfície em função dos deslocamentos, obtém-se:

$$\{\bar{P}_s\} = [\bar{T}]\{\bar{U}_s\} \quad (44)$$

com $[\bar{T}] = [\bar{G}_s]^{-1}$.

Para o acoplamento sapata-solo, as seguintes hipóteses são adotadas:

- Contato entre sapata e solo considerado ideal, ou seja, sem deslocamentos relativos na superfície de interação;
- Sendo elemento de fundação rígido, a cinemática dos pontos da interface sapata-solo se dá em duas descrições:
 - a) Translação pura;
 - b) Translação com rotação.

Para este trabalho, uma vez que a sapata é rígida e está sendo analisada no plano, haverá 2 translações e 1 rotação segundo as direções mostradas na Fig. 9. Os deslocamentos horizontal em x e vertical em z de um ponto de uma sapata (sp) podem ser escritos respectivamente como: $u_{sq}(x) = u_{spp}$, e $w_{sq}(x) = w_{spp} - (xq - x_{spp})\Phi_{spp}$, onde u_{spp} , w_{spp} e Φ_{spp} são, na ordem, o deslocamento horizontal em x , vertical em z e rotação em y no nó spp (ligação da sapata sp com pilar p). O vetor $\{\bar{U}_{spp}\}$ é composto por esses elementos e x_{spp} é a coordenada do ponto da locação do pilar na sapata sp , no sistema de coordenadas do solo, que é mostrado na Fig. 8.

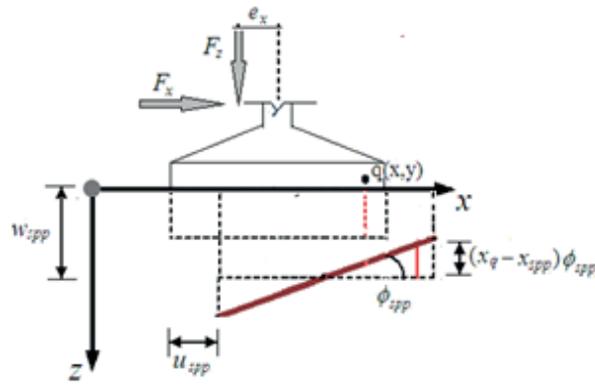


Figura 8 - Estrutura da fundação submetida aos efeitos de translação e rotação, onde $y=0$.

Escrevendo $\{\bar{U}_s\}$ para cada um dos nós discretizados do solo, temos:

$$\{\bar{U}_s\}^T = [\{\bar{U}_{s1}\}^T \quad \{\bar{U}_{s2}\}^T \quad \dots \quad \{\bar{U}_{sq}\}^T \quad \dots \quad \{\bar{U}_{snno}\}^T] \quad (45)$$

onde $\{\bar{U}_{ssp}\}^T = [u_{ssp} \quad w_{ssp} \quad \varphi_{ssp}]$, q representa o nó genérico e varia de 1 a nno (total de nós discretizados no solo). Escrevendo o vetor $\{\hat{U}_s\}$ para cada sapata da fundação, temos:

$$\{\hat{U}_s\}^T = [\{\hat{U}_{s1}\}^T \quad \{\hat{U}_{s2}\}^T \quad \dots \quad \{\hat{U}_{ssp}\}^T \quad \dots \quad \{\hat{U}_{snsp}\}^T] \quad (46)$$

onde $\{\hat{U}_{ssp}\}^T = [u_{ssp} \quad w_{ssp} \quad \varphi_{ssp}]$, sp representa a sapata genérica e varia de 1 a nsp (total de sapatas da fundação). Assim:

$$\{\bar{U}_s\} = [D]\{\hat{U}_s\} \quad (47)$$

$$\text{onde } [D] = \begin{bmatrix} [D_1] & [0] & \dots & [0] & \dots & [0] \\ [0] & [D_2] & \dots & [0] & \dots & [0] \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ [0] & [0] & \dots & [D_{sp}] & \dots & [0] \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ [0] & [0] & \dots & [0] & \dots & [D_{nsap}] \end{bmatrix}, \quad [D_{sp}] = \begin{bmatrix} [D_{1sp}] \\ [D_{2sp}] \\ \dots \\ [D_{qsp}] \\ \dots \\ [D_{nnosp}] \end{bmatrix} \text{ e } [D_{qsp}] =$$

$$[I] \quad [D_{Rsp}], \text{ com}$$

$$[D_{Rsp}] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & x_q - x_{spp} \end{bmatrix}$$

Notar que a dimensão da matriz $[D]$ é $(2nno \times 3nsp)$, da matriz $[D_{sp}]$ é $(2nno \times 4)$, da matriz $[D_{qsp}]$ é (2×4) enquanto a matriz $[I]$ é de ordem 2.

Combinando a Eq. (44) com a Eq. (61), obtemos a representação algébrica do solo em termos das forças de superfície por unidade de comprimento:

$$\{P_s\} = [H]\{\hat{U}_s\} \quad (48)$$

onde $[H]=[T][D]$ Para as forças nodais concentradas $\{F_s\}$ que são obtidas do produto das matrizes $[Q]$ e $\{P_s\}$, onde $[Q]$ é a matriz de transformação quadrada de ordem $2n_{nos}$, temos:

$$\{F_s\} = [Q]\{P_s\} = [Q][H]\{\hat{U}_s\} = [R]\{\hat{U}_s\} \quad (49)$$

onde $[R]=[Q][H]$. Para o elemento de contorno linear, tem-se:

$$\{\bar{F}_{el}\} = [Q_{el}]\{\bar{P}_{el}\} \quad (50)$$

onde $\{\bar{F}_{el}\}^T = \{\{\bar{F}_{el}^1\}^T \quad \{\bar{F}_{el}^2\}^T\}$ e $\{\bar{P}_{el}\}^T = \{\{\bar{P}_{el}^1\}^T \quad \{\bar{P}_{el}^2\}^T\}$ sendo que cada vetor-elemento $\{\bar{F}_{el}^i\}^T$ e $\{\bar{P}_{el}^i\}$, com $i=1,2$, representam as forças concentradas e as de superfície aplicadas em cada nó do elemento de contorno. Podemos fazer ainda $\{\bar{F}_{el}^i\}^T = [\bar{F}_{xel}^i \quad \bar{F}_{yel}^i]^T$ e $\{\bar{P}_{el}^i\} = [\bar{P}_{xel}^i \quad \bar{P}_{yel}^i]^T$, onde os índices sobscritos se referem a direção da força. A matriz $[Q_{el}]$ pode ser definida como:

$$[Q_{el}] = \frac{L}{6} \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix} \quad (51)$$

onde L é o comprimento do elemento de contorno. As forças que atuam no solo sob cada sapata produzem resultantes de forças e momentos individuais nos respectivos nós spp, sendo definidas por:

$$\{\bar{F}_s\} = [\hat{R}]\{\hat{U}_s\} \quad (52)$$

sendo $[\hat{R}] = [C][R]$.

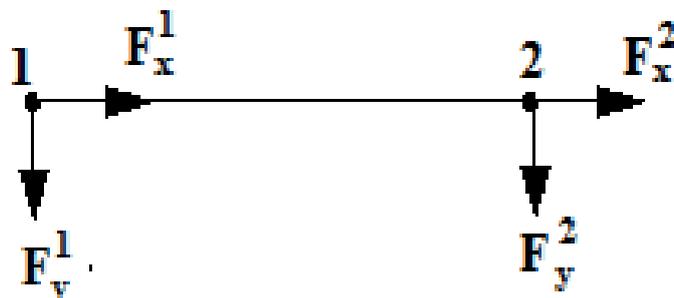


Figura 9 - Contribuição do elemento el no cálculo das forças e momentos resultantes no nó de ligação sapata pilar.

De forma explícita, a matriz $[C]$ pode ser escrita como:

$$[C] = \begin{bmatrix} [C_1] & [0] & \dots & [0] & \dots & [0] \\ [0] & [C_2] & \dots & [0] & \dots & [0] \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ [0] & [0] & \dots & [C_{sp}] & \dots & [0] \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ [0] & [0] & \dots & [0] & \dots & [C_{nsap}] \end{bmatrix} \quad (53)$$

onde a submatriz da sp -ésima sapata é $[C_{sp}] = [D_{sp}]^T$. Assim é possível exibir as forças e momentos resultantes no nó de ligação da sapata com o pilar a partir da contribuição de cada elemento da sapata através da Eq. (54).

$$\begin{Bmatrix} F_{xsp} \\ F_{zsp} \\ M_{zsp} \end{Bmatrix} = \sum_{el}^{nel} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & x_q - x_{spp} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} F_{xel}^1 \\ F_{zel}^1 \\ F_{xel}^2 \\ F_{zel}^2 \end{Bmatrix} \quad (54)$$

Para que o problema final (montagem do sistema de equações, da interação solo-estrutura) fique bem definido, torna-se necessário fazer o acoplamento das contribuições definidas tanto por parte da estrutura quanto do solo. Dessa forma tem de haver uma compatibilização dos deslocamentos e deve ser garantido o equilíbrio de forças em cada nó da ligação sapata pilar (ssp) com os deslocamentos e forças no nó k da estrutura ao qual está ligado o pilar na sapata sp .

Anteriormente foi calculado as forças resultantes no nó ssp de cada sapata devido as ações atuantes no solo. Assim tais forças devem ter seus sentidos invertidos para que se tenha as forças reativas do solo na sapata, pois dessa forma é garantido o equilíbrio de forças e momentos em cada apoio da estrutura, conforme Fig. 10.

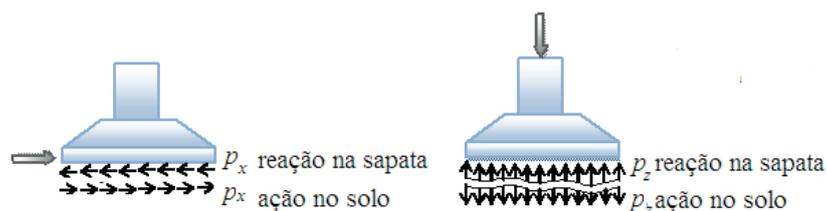


Figura 10 - Ação e reação do solo na sapata.

$$\{\hat{F}_{spp}\} = [\Delta_{sr}]\{\tilde{F}_{spp}\} \quad (55)$$

onde $\{\hat{F}_{spp}\}$ é o vetor das resultantes de forças atuantes no solo, calculadas para o nó sp de cada sapata, $\{\tilde{F}_{spp}\}$ é o vetor das forças oriundas do solo, que atuam na base do pilar que se liga à sapata, e $[\Delta_{sr}] = -1[I]$, com $n = 3$. Próximo passo é unificar os sistemas de coordenadas, uma vez que o SCG do solo e da estrutura são diferentes, eixo vertical do SCG da estrutura apontado para cima e do solo apontado para baixo, ao qual será feito da seguinte forma:

$$\{\tilde{F}_{spp}\} = [\Delta_{se}]\{F_{spp,est}\} \quad (56)$$

Somando a Eq. (55) com a Eq. (56) obtemos uma expressão para o cálculo direto do vetor $\{F_{spp,est}\}$:

$$\{\hat{F}_{spp}\} = [\Delta_{sr}][\Delta_{se}]\{F_{spp,est}\}$$

ou ainda

$$\{F_{spp,est}\} = -[\Delta_{se}]\{\hat{F}_{spp}\} \quad (57)$$

onde $[\Delta_{se}]$ é a matriz de ordem 3x3 dada por:

$$[\Delta_{se}] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

Também se torna útil que reescrevamos os deslocamentos no nó de ligação sapata pilar da sapata sp para que possamos aplicar a compatibilidade de deslocamentos. A expressão é:

$$\{U_{spp,est}\} = [\Delta_{se}]\{U_{ssp}\} \quad (58)$$

Assim os vetores dos esforços e deslocamentos referidos ao SCG da estrutura, associados ao nó p e ao nó k correspondente, são:

$$\{U_{spp,est}\}^T = [u_{spp,est} \quad w_{spp,est} \quad \varphi_{spp,est}] \quad (59)$$

$$\{F_{spp,est}\}^T = [F_{xspp,est} \quad F_{zspp,est} \quad M_{zspp,est}] \quad (60)$$

$$\{U_k\}^T = [U_k \quad W_k \quad \varphi_k] \quad (61)$$

$$\{F_k\}^T = [F_{xk} \quad F_{zk} \quad M_{zk}] \quad (62)$$

As relações entre as forças reativas do solo e os deslocamentos na sapata podem ser obtidas a partir da Eq. (52), (57) e (58) resultando em:

$$\begin{aligned} \{P_{sp1,est}\} &= [R_{sp11}]\{U_{sp1,est}\} + [R_{sp12}]\{U_{sp2,est}\} \\ \{P_{sp2,est}\} &= [R_{sp21}]\{U_{sp1,est}\} + [R_{sp22}]\{U_{sp2,est}\} \end{aligned} \quad (63 \text{ a - b})$$

Então substituindo Eq. (63 a – b) na Eq. (26) e ainda com as equações de compatibilidade de deslocamento Eq. (24 a – d) e equilíbrio Eq. (25 a – d), obtém-se finalmente o sistema algébrico da interação solo-estrutura:

$$\begin{bmatrix} [H_{11}^{(1)}] & [0] & [H_{12}^{(1)}] & [0] & [0] & [0] & [0] & -[G_{12}^{(1)}] & -[G_{11}^{(1)}] & [0] \\ [H_{21}^{(1)}] & [0] & [H_{22}^{(1)}] & [0] & [0] & [0] & [0] & -[G_{22}^{(1)}] & -[G_{21}^{(1)}] & [0] \\ [0] & [H_{32}^{(2)}] & [0] & [H_{33}^{(2)}] & -[G_{32}^{(2)}] & [0] & [0] & [0] & [0] & -[G_{33}^{(2)}] \\ [0] & [0] & [H_{43}^{(3)}] & [H_{44}^{(3)}] & [0] & -[G_{43}^{(3)}] & -[G_{44}^{(3)}] & [0] & [0] & [0] \\ [0] & [H_{22}^{(2)}] & [0] & [H_{23}^{(2)}] & -[G_{22}^{(2)}] & [0] & [0] & [0] & [0] & -[G_{23}^{(2)}] \\ [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [I] & [0] & [0] & [I] & [0] \\ [0] & [0] & [H_{33}^{(3)}] & [H_{34}^{(3)}] & [0] & -[G_{33}^{(3)}] & -[G_{34}^{(3)}] & [0] & [0] & [0] \\ [0] & [0] & [0] & [0] & [I] & [0] & [I] & [0] & [0] & [0] \\ [R_{sp11}] & [R_{sp12}] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] \\ [R_{sp21}] & [R_{sp22}] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \{U_1\} \\ \{U_2\} \\ \{U_3\} \\ \{U_4\} \\ \{P_6\} \\ \{P_7\} \\ \{P_8\} \\ \{P_9\} \\ \{P_5\} \\ \{P_{10}\} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] \\ [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] \\ [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] \\ [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] \\ [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] \\ [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [I] & [0] & [0] & [0] & [0] \\ [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] \\ [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [I] & [0] & [0] \\ [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] \\ [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \{0\} \\ \{0\} \\ \{0\} \\ \{0\} \\ \{0\} \\ \{F_3\} \\ \{0\} \\ \{F_4\} \\ \{0\} \\ \{0\} \end{Bmatrix} \quad (64)$$

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Considere um pórtico plano apoiado no solo conforme indicado na Fig. 11, onde as barras horizontais possuem comprimentos de 3,00 m e a vertical tem 4,00 m; $E = 28$ GPa e $G = 14$ GPa. O solo é considerado um meio contínuo semi-plano infinito, onde seu módulo de elasticidade é 2 MPa e o coeficiente de Poisson 0,5. Na estrutura está sendo aplicado um carregamento nodal de 10 N como indicado na Fig. 11.

Para os resultados obtidos, F e M representam as forças e momentos, respectivamente, os deslocamentos são representados por D , a rotação em torno de y é representada por θ , os índices X e Y indicam os eixos do SCG, enquanto que x e y representam o SCL, e $Nó_i$ e $Nó_j$ correspondem ao nó inicial e final, respectivamente.

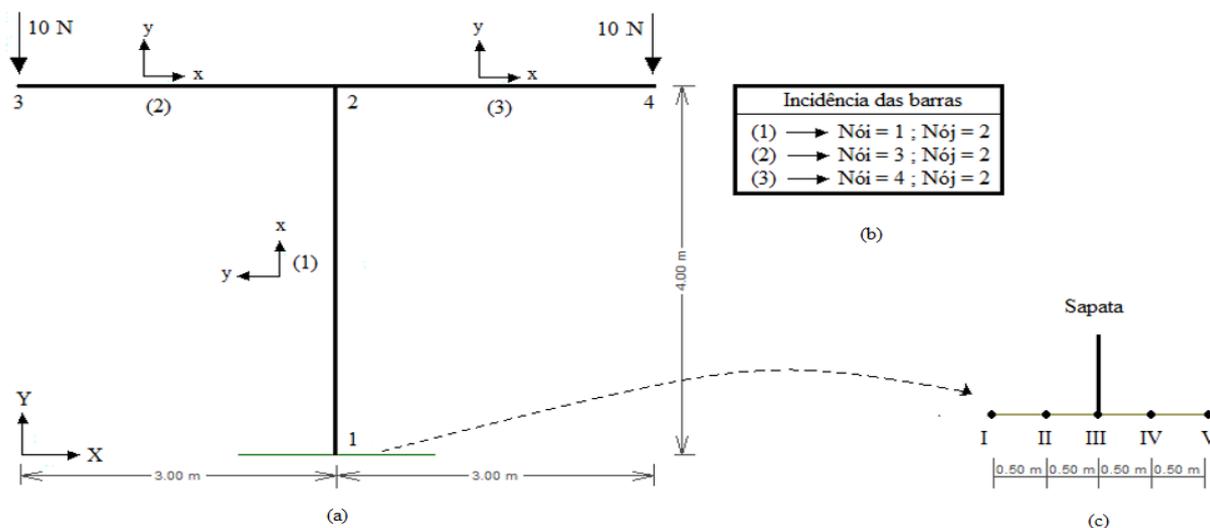


Figura 11 – (a) Discretização do Pórtico, (b) incidência de (a); (c) discretização da sapata

Na Tab. 1 estão mostrados os resultados obtidos no sistema local de coordenadas para os esforços atuantes na estrutura, onde a incidência de cada barra do pórtico, assim como o sentido dos eixos locais, é mostrada na Fig. 11 a-b. A discretização da sapata é mostrada na figura 11-c. Já na Tab. 2 são mostrados os deslocamentos no sistema local de coordenadas.

Barra	Fx (kN)		Fy (kN)		M (kN)	
	Nó <i>i</i>	Nó <i>j</i>	Nó <i>i</i>	Nó <i>j</i>	Nó <i>i</i>	Nó <i>j</i>
1	20	-20	0	0	0	0
2	0	0	-10	10	0	-30
3	0	0	10	-10	30	0

Tabela 1. Esforços locais.

Barra	Dx (mm)		Dy (mm)		rad	
	Nó <i>i</i>	Nó <i>j</i>	Nó <i>i</i>	Nó <i>j</i>	Nó <i>i</i>	Nó <i>j</i>
1	-4,7324E-5	-5,6848E-5	0	0	0	0
2	0	0	-1,4854E-3	-5,6848E-5	7,1428E-4	0
3	0	0	-5,6848E-5	-1,4854E-3	0	-7,1428E-4

Tabela 2 - Deslocamentos locais.

O exemplo proposto tem simetria tanto de geometria quanto de carregamento. Dessa forma é esperada respostas simétricas do ponto de vista de deslocamentos e esforços. Conforme pode ser observado nas Tab. 1 e 2 tais comportamentos foram representados pelos resultados. Além disso, a rotação nula nas extremidades das barras, que convergem para o nó 2, também foi verificada. Os equilíbrios tanto em momento quanto em forças foram recuperados pelo MEC.

5 | CONCLUSÃO

Neste trabalho foi proposta uma análise da interação pórtico plano apoiado na superfície de um semi-plano modelado pelo Método dos Elementos de Contorno. Os resultados sugerem uma boa eficiência do método e confirma sua elegância de reduzir a dimensionalidade do problema em uma dimensão. Por exemplo, as barras do pórtico foram representadas por elementos de contorno pontuais e interface de contato da sapata com o solo (admitido como semi-plano) foi representada por elementos de contorno lineares discretizados apenas nas superfícies de contato com as sapatas.

Convém notar se essa análise fosse feita por elementos finitos o pórtico seria representado por elementos unidimensionais e o solo representado por elementos finitos planos. Nesse caso a discretização do solo (que é um semi-plano infinito) requereria um grande número de elementos para mapear todo o domínio desse espaço.

REFERÊNCIAS

BARBIRATO, J.C.C. **Formulação do método dos elementos de contorno para sólidos elásticos tridimensionais, baseada na solução fundamental de Mindlin**. Dissertação, Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1991.

CRUZ, J. M. F. **Contribuição à análise estática e dinâmica de pórticos pelo método dos elementos de contorno**. Tese, doutorado, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.

LOVE, A. E. H. **A Treatise on the Mathematical Theory of Elasticity**. 1994.

MELAN, E. **Der spannungszustand der durch eine einzelkraft in innern beanspruchten halbscheibe**. ZAMM - Journal of Applied Mathematics and Mechanics, Vol 12, pp. 343–346, 1932.

TELLES, J. C. F., BREBBIA, C. A. **Boundary Element Solution for Half-Plane Problems**. International Journal of Solids and Structures, Vol 17, pp. 1149–115, 1981.

FÍSICA DO MEIO AMBIENTE: ESTADO DA ARTE

Thiago Moura Zetti

Universidade Estadual de Feira de Santana,
Departamento de Física,
Feira de Santana – BA

Milton Souza Ribeiro Miltão

Universidade Estadual de Feira de Santana,
Departamento de Física,
Feira de Santana – BA

RESUMO: A medida que a humanidade foi se desenvolvendo industrial e tecnologicamente, e assim, se distanciando da natureza, ela passou a vê-la de forma fragmentada. Essa mudança de visão, proporcionou consequências ao longo do tempo, mostrando que esse tipo de visão não era sustentável. A questão ambiental deve ser bastante debatida e criticada. Entretanto, é necessário que a sociedade tenha conhecimento sobre o assunto, e uma ferramenta fundamental para suprir essa carência é a Educação Ambiental. Com a necessidade de valorizar e disseminar práticas envolvendo a Educação Ambiental, foi incluído uma visita à comunidade de Siribinha (BA), onde pudemos notar uma série de possíveis áreas de atuação: primeiro, a comunidade se localiza exatamente entre o mar e o rio Itapicuru e em segundo, com um diálogo orientado por questionário, foi possível identificar a falta de conhecimento da comunidade sobre o tema.

Assim, com a Associação SIRIBEIRA que atua ativamente na região, uma inserção da Educação Ambiental juntamente com a Física, é de grande importância para a comunidade em geral, uma vez que o conhecimento científico é um elemento-chave na cultura geral dos indivíduos, pois o acesso a esse conhecimento os habilita para se posicionarem, tanto ativamente diante das modificações do mundo em que vivem, quanto para compreender os fenômenos observáveis na Natureza, no Universo. Consequentemente, urge uma ação que estabeleça um entrelaçamento entre as teorias e leis gerais da Física e as questões socioambientais, a partir de uma Educação Ambiental Filosófico-Crítica, objetivo último de nosso trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: Educação Ambiental, Física Ambiental, Questão Ambiental

ABSTRACT: As the company developed industrially and technologically, and thus, distancing itself from nature, it came to see it in a fragmented way. This vision provided the long time, showing that this type of vision was not sustainable. The environmental issue should be much debated and criticized. However, it is necessary that the media be a knowledge on the subject, and a fundamental tool to fill this gap is Environmental Education. With the purpose of valuing and disseminating practices

involving Environmental Education, a visit to the community of Siribinha (BA) was included, in which the community is distinguished by a health problem. second, with a questionnaire-based dialogue, it was possible to identify a lack of knowledge of the community on the topic. Thus, with a SIRIBEIRA Association active in the region, an insertion of Environmental Education with a Physics is of great relevance to the community in general, since scientific knowledge is a key element in the general culture of individuals, since the access to this knowledge to position itself, in front of the changes of the world in which it lives, as to understand the phenomena observable in Nature, in the Universe. Consequently, it is an action that establishes an interweaving between the sciences and the social and social sciences, from a philosophical-critical environmental education, the ultimate objective of our work.

KEYWORDS: Environmental Education, Environmental Physics, Environmental Issues

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a questão ambiental vem ganhando espaço no âmbito das grandes questões contemporâneas. Escancarando a ilusão do progresso ilimitado, a crise ambiental vem apresentando ao mundo contemporâneo o enfrentamento dos riscos causados tanto pelo desenvolvimento acelerado, quanto pela degradação da biosfera. Dessa forma, a questão ambiental vem se tornando um dos assuntos mais polêmicos e atuais, que deve ser bastante debatido e criticado. Para que esses debates e discussões acerca da questão ambiental ocorram, é necessário ter conhecimento sobre o assunto, e uma ferramenta fundamental para suprir essa necessidade é a Educação Ambiental.

Para Fien (1988), a Educação Ambiental é uma forma distinta de abordagem do currículo que tem como intuito uma aprendizagem útil para que indivíduos e grupos possam compreender o meio ambiente como objetivo final de desenvolver atitudes de cuidado e comprometimento, potencializando o desejo de agir de forma mais responsável no meio ambiente.

A Educação Ambiental tem como objetivos: promover a consciência clara e os interesses da sociedade sobre interdependência econômica, social, política e ecológica tanto em áreas urbanas como rurais; proporcionar a cada pessoa a oportunidade de adquirir os conhecimentos, valores, atitudes, compromisso e habilidades necessárias para proteger e melhorar o ambiente; criar novos padrões de comportamento de indivíduos, grupos e sociedade como um todo em relação ao ambiente (FIEN e TILBURY, 1996).

Segundo alguns autores (FIEN e TILBURY, 1996; HUCKLE, 1993; Le GRANGE, 2002), a abordagem da Educação Ambiental geralmente ocorre de três formas: educação sobre o ambiente, que está ligada a educação para a gestão ambiental e controle, enfatizando o conhecimento sobre os sistemas e seus processos naturais; educação no/através do ambiente, que tem como foco a educação para a

conscientização ambiental, enfatizando a experiência dos estudantes no ambiente, para que possam desenvolver capacidades de clarificação de valores e competência, e educação para o ambiente, cujo intuito é a educação para a sustentabilidade, com uma visão crítica da educação de valores, mudança e transformação social através da ação baseada na exploração e o envolvimento na resolução de problemas ambientais.

Le Grange (2002), mostra que a educação para o meio ambiente serviu como um pilar para discussões que se desenvolveram recentemente dentro da própria educação ambiental, como por exemplo, a educação para o desenvolvimento sustentável (EDS), a educação para um futuro sustentável (EFS) e educação para a sustentabilidade (EpS).

Numa perspectiva filosófica, a questão socioambiental pode ser compreendida como uma relação das “formas de apropriação do mundo e da natureza pelos seres humanos, por meio das relações de poder que foram inscritas nas formas dominantes da ação humana” (LEFF, 2002, p.17), não deixando de considerar o fato de que “a nossa empatia instintiva com os ambientes terrenos permanece atrofiada em pessoas mais contemporâneas” (ABRAM, 2010, p.42). A questão socioambiental apresenta problemas epistemológicos e ontológicos. Epistemológicos, porque sendo o conhecimento tão vasto e amplo, em que configuração e através de quais configurações os seres humanos irão estabelecer sua relação de poder com as formas de apropriação do mundo e a natureza? Ontológico, porque sendo parte do universo, em que essência, em que qualidade, os seres humanos constituem suas formas de apropriação do mundo e da natureza?

Sob esta perspectiva filosófica seguiremos a concepção da Educação Ambiental Filosófico-Crítica (MILTÃO, 2014).

Em termos do domínio conceitual a Educação Ambiental Filosófico-Crítica apresenta as seguintes características ontológicas e epistemológicas. Do ponto de vista ontológico e considerando os aspectos da *existência e independência* da coisa-em-si e de suas propriedades, a EA Filosófico-Crítica entrelaça as concepções realista e antirrealista: antirrealista, na medida em que o **mundo** e a **natureza** como objetos-em-si existem e são incognoscíveis, o que nos obriga a adotar uma visão cosmológica e holística do conhecimento socioambiental para apreender uma representação de suas essências; realista na medida em que, entre as **formas de apropriação do mundo** e da **natureza**, enquanto relações entre os objetos-em-si, as necessidades objetivas de natureza coletiva (MILTÃO, 2012) são cognoscíveis e assim independentes, o que nos obriga a ter uma visão histórica do conhecimento socioambiental para estabelecê-las.

Do ponto de vista epistemológico, a EA filosófico-crítica inclui as concepções racionalista e empirista: racionalista na medida em que as **formas de apropriação do mundo** e da **natureza**, enquanto representações a priori do sujeito, são a estrutura do conhecimento socioambiental; empirista na medida em que as **relações de poder** com as **formas de apropriação do mundo** e da **natureza**, enquanto conteúdo a posteriori do objeto, são o conteúdo do conhecimento socioambiental, o que nos

impele a ter uma visão do conhecimento socioambiental que é *construtivista, dialógica e transdisciplinar, no estabelecimento das necessidades objetivas de natureza coletiva* (MILTÃO, 2012), porque o indivíduo ontologicamente faz parte de um todo social.

Nesse sentido, procuramos conciliar, em relação à essência do conhecimento socioambiental, antirrealismo e realismo, e quanto à sua origem e produção, racionalismo e empirismo. Caso isso aconteça, estaremos alcançando uma formação em EA filosófico-crítica com as seguintes características: cosmológica, holística, histórica, transdisciplinar, construtivista, dialógica, humanizadora (mas não antropocêntrica), investigativa, politicamente fundamentada e socialmente engajada. E isso vai atingir muitos profissionais, independentemente da profissão e da escolha do trabalho. É nessa perspectiva que a ação da EA deve ser introduzida para incorporar-se à dinâmica da vida escolar e universitária.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o estudo aprofundado do referencial teórico e as discussões sobre o tema no grupo de pesquisa, pudemos notar como os problemas socioambientais são ameaçadores à sobrevivência do ser humano e do próprio planeta Terra. Sendo este um fenômeno relativamente novo, na medida em que somente com o desenvolvimento industrial e tecnológico, é que a humanidade foi se distanciando da natureza, passando então a vê-la de forma fragmentada, como uma fonte de recursos que poderiam ser transformadas em bens consumíveis, deixando de encara-la como parte de um todo em equilíbrio.

Com essa mudança de visão da humanidade, logo, consequências, com o passar do tempo, foram surgindo, mostrando que esse tipo de visão não era sustentável: primeiro, os recursos provenientes da natureza são finitos e insuficientes para alimentar toda a demanda crescente da sociedade de consumo, e em segundo, apenas uma pequena parcela da população mundial (os mais ricos) conseguem desfrutar demasiadamente dos recursos, enquanto a grande maioria da população (os mais pobres) lutam apenas para sobreviver, e são os que sofrem com os graves problemas ambientais gerados pelo próprio modelo econômico.

A exemplo das discussões realizadas com o grupo, é notável que a questão ambiental deve ser bastante debatida e criticada. Contudo, para que ocorram esses debates, no âmbito maior, é necessário que grande parte da sociedade tenha conhecimento sobre o assunto, e a Educação Ambiental é a ferramenta que pode suprir essa necessidade.

Precisa-se valorizar e disseminar ações educativas que envolvam as práticas da Educação Ambiental na sociedade como um todo, desse modo, o papel da escola é de grande relevância tanto na divulgação e discussão dos processos científicos quanto no desenvolvimento da capacidade de compreensão, avaliação, utilização e julgamento pelo aluno, do conhecimento. É necessário também que os espaços

escolares disponibilizem conteúdos relacionados ao cotidiano da população em sua volta, da qual os alunos fazem parte e assim, procurar despertar uma consciência crítica. Esse é um processo intelectual ativo, ele deve ser mediado através do diálogo e nas interações de processos, seja eles de redescobrimto e reinterpretções de conceitos, princípios, informações e demais significados que surgem do aprendizado em sala de aula ou da experiência de vida do aluno.

É fundamental estimular-se o aprender a aprender ao ensinar ciências, a partir do ensino do que é essencial para tornar-se cidadão, redefinindo o ser através da compreensão do sentido de sua participação no processo de tomada de decisões, resultando numa harmonia do interesse individual com o coletivo. Para Loureiro (2006), o processo educativo é crucial para o desenvolvimento intelectual humano. Ressaltamos a importância do professor no âmbito escolar que deve buscar a clarificação dos valores e atitudes dos alunos no modo como percebem e avaliam os fatos ou eventos estudados, ele deve guiar os estudantes, fazendo com que os alunos participem dessa construção do conhecimento, aprendendo a argumentar e exercitar a razão, o professor deve questionar e sugerir ao invés de dar respostas definidas ou impor-lhes o seu ponto de vista, aproveitando assim para introduzir a educação ambiental no processo ensino-aprendizagem. Dessa forma, podemos perceber que a educação ambiental tem o intuito de conscientizar o ser humano a respeito das consequências de suas ações e os danos ambientais que são causados em decorrência disso. Diaz (2000) propõe que a Educação Ambiental seja um “processo por meio do qual as pessoas aprendem como funciona o ambiente, como dependemos dele, como o afetamos e como promovemos a sua sustentabilidade”, que condiz com o entendimento dos professores em relação a educação ambiental.

As mudanças globais de comportamento e a relação ser humano/meio ambiente impõem diversas adequações em todos os setores da sociedade, e o ensino de física devido a sua relevância necessita ajustar a sua maneira de apresentar e contextualizar os conceitos físicos de forma que estudantes (no contexto escolar) ou um público em geral (no contexto de atividades em uma comunidade, como a SIRIBEIRA) sintam-se mais instigados a conhecer mais sobre os fenômenos da natureza.

Com essa necessidade de valorização e disseminação de práticas educativas relacionadas com a Educação Ambiental, vemos a obrigação imprescindível de ampliar a pesquisa introduzindo uma viagem de campo. O local escolhido foi o distrito de Siribinha, uma vila de pescadores, situado no litoral norte baiano a cerca de 20km da sede do município do Conde/BA. Neste distrito atua uma Associação sem fins lucrativos, A Siribeira, que desenvolve um trabalho socioeducativo que beneficia aproximadamente 300 crianças e adolescentes, com faixa etária entre 02 e 17 anos, e suas respectivas Famílias, nas seguintes comunidades:

- Siribinha: Centro de Treinamento e Aperfeiçoamento Siribeira;
- Poças: Escola Brasileira Eugênio de Oliveira;

- Vila do Conde: Quadra Poliesportiva das Casinhas da Vila do Conde;
- Buri: Escola Municipal Nossa Senhora de Fátima;
- Sempre Viva: Escola Municipal Epaminondas Alves de Souza Pinto;
- Cobó: Escola Municipal Pedro Francisco de Castro.

Uma primeira visita com o intuito de conhecer a comunidade e iniciar um diálogo com a Associação Siribeira para que pudessemos firmar uma parceria de trabalho, foi realizada no mês de março/2017. Com a parceria firmada, uma nova visita aconteceu em setembro/2018 onde foi possível realizar um diálogo com pessoas da comunidade acerca do tema deste trabalho.

Como forma de início desse diálogo, foi utilizado um pequeno questionário (contendo cinco perguntas envolvendo o tema) que serviu como guia. A primeira pergunta questionava: **“O que você entende por Educação Ambiental?”** Respostas do tipo: *“Nunca ouvi falar”*; *“Educação a si mesmo. Respeitar o seu próximo.”*; *“Ensinar a manter um lugar limpo, organizado.”*; *“Responsabilidade e consciência”*; *“É o desenvolvimento entre pessoas para a melhoria do seu lugar onde vive, sua localidade”*. A partir destas falas conseguimos perceber a referência que a comunidade faz à educação de modo geral, restringindo a educação ambiental ao singelo ato de manter a localidade limpa e organizada. A segunda pergunta indagava: **“Quais problemas ambientais na sua opinião, a sua comunidade sofre?”** As respostas faziam a mesma relação com o primeiro questionamento, por exemplo: *“Muitas pessoas jogam sacos plásticos na praia”*; *“Moradores jogando lixo na rua. Não tem gari. O carro de lixo não passa com frequência.”*; *“lixo na praia, desmatamento sem conhecimento das suas consequências”*; *“poluição, bolsa na praia, lixo na água.”*; *“quando chove o esgoto invade a rua”*. Ou seja, os problemas ambientais advêm tanto da falta de conscientização representada pela falta de educação citadas na questão anterior quanto da falta de saneamento básico, inexistente na comunidade. Para tais problemas, soluções podem ser apresentadas e a terceira pergunta guiava neste sentido: **“Como você vê a solução para estes problemas ambientais?”**. A maioria das respostas convergia em torno de: *“O povo da comunidade se reunir pra limpar a praia. A praia tem que ser organizada”*; *“Um prefeito bom e justo, que cuide de nossa comunidade.”*; *“A prefeitura ajeitar o esgoto. O prefeito só promete e não faz.”*. Vemos então que o poder público, representado pelo prefeito, é quase que a principal solução para estes problemas no pensar de algumas pessoas da comunidade, precisando atuar mais, tanto no sentido de fazer o saneamento, condicionando assim, uma melhor qualidade de vida, quanto na realização das coletas de lixo, o que solucionaria os atos já citados anteriormente que causam a poluição. Vale ressaltar, que nem todos atribuem a solução vinda apenas do poder público, como por exemplo: *“Educação e educação.”*; *“Orientação familiar e trabalho em equipe”*; *“Uma ação social, de porta em porta. Precisa-se mostrar mais na TV e na escola.”* Onde fica claro nestas falas

o reconhecimento da importância do papel da escola na formação do cidadão e do camponês e a influência da mídia na sociedade. Os últimos dois questionamentos, que serviram como guia no diálogo, faziam relação com a Física: “**O que você entende sobre Física?**” e “**Qual a relação que você vê entre a Física e o Meio Ambiente?**” Para o primeiro questionamento, foi praticamente maioria a resposta “*nada!*”, “*não sei nada*” ou “*não entendo nada!*”, muitos associavam a dificuldade com os números, ao desinteresse pela matéria ou porque simplesmente não tiveram a oportunidade de estudá-la. Alguns ainda faziam algumas associações, como por exemplo ao afirmar que a Física estava em tudo: “*A Física tá em tudo. Nas marés, nas ondas. Ando em Salvador nos ônibus e vejo a Física nas engrenagens.*”; ou a relação com divindade: “*Uma lei suprema.*”. Conseqüentemente, muitos não conseguiam fazer ligação alguma da Física com o meio ambiente, onde até mesmo alguns afirmavam que não havia nenhum tipo de relação. Enquanto uma pequena parcela fazia a relação da Física com a poluição, velocidade de queda de uma folha e materiais recicláveis: “*Eu acho que tem relação. A física faz parte da poluição.*”; “*Como disse, o vento, o mar, as ondas, a velocidade que a folha cai, que dobra. A física tá em tudo.*”; “*Os experimentos com material reciclado.*”.

CONCLUSÕES

Com o estudo teórico sobre Educação Ambiental se fez notório a necessidade de utilizar essa educação como ferramenta para tratarmos da questão ambiental. É preciso que a sociedade tenha conhecimento sobre essa questão para que possa participar ativamente de debates e discussões, e que possam analisar, refletir criticamente sobre o que será melhor para o meio ambiente, visto que estamos inseridos nele; precisamos voltar a vê-lo como um todo em equilíbrio. Com essa compreensão, é possível reverter as problemáticas ambientais que nos assolam atualmente. De acordo com Rothschild (2007), a humanidade tem reais condições de impedir a continuidade desse problema, sem se intimidar com o seu tamanho. Se cada pessoa fizer uma pequena ação positiva, a soma do todo, pode levar a efeitos significantes e decisivos. O ser humano é a única espécie que depende do todo para sua sobrevivência neste planeta. É a única que tem esta consciência e o poder de intervir benéfica ou maleficamente no ambiente e, portanto, sua responsabilidade é inigualável.

A inclusão da visita à comunidade de Siribinha, distrito da cidade do Conda-BA, foi bastante satisfatória, onde vimos uma série de possíveis áreas de atuação, por ser uma vila de pescadores que se localiza exatamente entre o mar e o rio Itapicuru. A partir do diálogo realizado com a comunidade na visita ocorrida em setembro/2018, é fundamental, juntamente com a Associação SIRIBEIRA que atua em diversas outras comunidades da região, uma inserção da Educação Ambiental juntamente com a Física, o que será de grande importância para a comunidade em geral, uma vez que o conhecimento científico é um elemento-chave na cultura geral dos indivíduos (cidadãos

e camponeses), pois o acesso a esse conhecimento os habilita para se posicionarem, tanto ativamente diante das modificações do mundo em que vivem, quanto para compreender os fenômenos observáveis na Natureza, no Universo. Bachelard (1999, p.73) afirmava que *“(...) um dos aspectos mais notáveis da física contemporânea é que ela trabalha quase exclusivamente na zona das perturbações. É das perturbações que surgem na atualidade os problemas mais interessantes.”* Esta reflexão nos leva a considerar o quão perturbador é a construção do conhecimento da Física ambiental e a ciência ambiental, sobre tudo nos dias atuais, com a problemática das mudanças climáticas que atinge a todos.

Os conteúdos que são abordados em sala de aula, podem não ajudar significativamente aos alunos a compreenderem temas que são mais contemporâneos, como a mecânica quântica, a nanotecnologia, a física ambiental e etc., mas a Física pode ajudar a despertar a curiosidade nestes indivíduos, estimulá-los a conhecer mais o mundo que os rodeia, e quiçá uma inclusão no mundo científico. Para Santos (2009) é necessário construir uma visão de ciência como cultura, para uma melhor valorização da educação científica. Na visão de Chassot (2003), uma forma de potencializar alternativas para uma educação mais comprometida, seria através da alfabetização científica.

Precisamos urgentemente desmistificar a cultura no nosso país de que destruição ambiental é sinônimo de desenvolvimento. Deste modo, uma política eficiente de educação ambiental precisa atingir todos os níveis da sociedade. Segundo a UNESCO (2008) desenvolvimento sustentável depende de alguns fatores como, por exemplo, se dispor a cooperar com aquisição e aplicar os conhecimentos científicos, com o intuito de melhorar a qualidade de vida, através de uma harmoniosa convivência com o meio ambiente.

Por fim, considerando o Campo do Saber da Física e a Educação Ambiental Filosófico-Crítica, bem como a necessidade de uma formação profissional cosmológica, holística, histórica, transdisciplinar, construtivista, dialógica, humanizadora (mas não antropocêntrica), investigativa, politicamente fundamentada e socialmente engajada, é fundamental em todos os níveis escolares que os seguintes temas sejam apresentados e dialogados: Aspectos gerais da Educação Ambiental; Propriedades físicas e químicas do meio ambiente; O problema socioambiental e sua relação com as Teorias e Leis Gerais da Física (Mecânica Clássica, Termodinâmica, Eletromagnetismo, Mecânica Relativística, Mecânica Quântica, e Mecânica Estatística); As questões da Energia, do Conforto e Segurança Ambientais, da Água, dos Resíduos Sólidos, Líquidos e Gasosos e suas relações com a Física; Fontes poluidoras; Avaliação da qualidade e controle da poluição, inclusive do espaço circundante ao planeta Terra; Dispositivos antipoluentes; e Medidas de proteção do ambiente.

REFERÊNCIAS

- ABRAM, D. **Becoming Animal: An Earthly Cosmology**. New York: Pantheon. 2010.
- CHASSOT, A. I. . **A alfabetização científica fazendo inclusão social**. In: **III Congresso Internacional de Educação**, 2003, São Leopoldo. Educação Unisinos - Número Especial Anais. São Leopoldo: Editora UNISINOS, 2003. v. 7. p. 74.
- CHASSOT, Attico. **Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social**. Revista Brasileira de Educação, nº 22 jan/fev/mar/abril. ISSN 1413-2478. Versão impressa.
- FIEN, J. **Education for the Australian Environment**. Bicentennial Australian Studies Schools Project Bulletin 6: 4-15. 1988.
- FIEN, J., and D. TILBURY. **Learning for a sustainable environment: An agenda for teacher education in Asia and the Pacific**. Bangkok: UNESCO.1996.
- FOGAÇA, Daniela Silva. **FÍSICA X MEIO AMBIENTE: A IMPORTÂNCIA DA FÍSICA NOS FENÔMENOS RELACIONADOS AO MEIO AMBIENTE**. 2013. 32 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Ensino de Ciências, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2013.
- HUCKLE, J. **Environmental education and sustainability: A view from critical theory**. In **Environmental Education: A Pathway to Sustainability?**, ed. J. FIEN, 43-68. Geelong: Deakin University Press. 1993.
- Le GRANGE, L. **Towards a “language of probability” for environmental education in South Africa**. South African Journal of Education 22(2): 83-87.2002.
- LIMA, Erondina Azevedo De. **EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E FÍSICA AMBIENTAL: UMA ANÁLISE DAS PERCEPÇÕES DOS ALUNOS DA EJA EM CAMPANHAS AMBIENTAIS NO ESTADO DE MATO GROSSO** / Erondina Azevedo de Lima. – 2011. V 67 f. 93: il. ; color. ; 30cm.
- MILTÃO, M. S. R. **UMA PROPOSTA DE ESTUDO FILOSÓFICO DO SER SOCIAL DO MOVIMENTO AMBIENTAL**. 35ª Reunião Anual da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação. Porto de Galinhas: ANPEd. 2012. p. 18.
- MILTÃO, M. S. R. **Philosophical-Critical Environmental Education: a proposal in a search for a symmetry between subject and object**. Journal of Social Sciences (COES&RJ-JSS), v. 3, p. 323-356, 2014
- RODRIGUES, J. J. V. **ENSINO DE FÍSICA E PRESERVAÇÃO AMBIENTAL: A IMPORTÂNCIA DAS SAÍDAS A CAMPO**. **CADERNO DE FÍSICA DA UEFS**, Feira de Santana, 15(01), 2017. 1601.1-16.
- ROTHSCHILD, D. **Manual Live Earth de Sobrevivência ao Aquecimento Global**. Ed. Manole. 2007.
- SANTOS, Maria Eduarda Vaz Moniz dos. **Ciência como cultura- paradigmas e implicações epistemológicas na educação científica escolar**. Química Nova, vol.32, n.2, mar. 2009. ISSN 0100-4042
- UNESCO: **Ciência na Escola um Direito de Todos**. Disponível em: <<http://www.unesco.org>>. Acesso em: 20set. 2010.

ESTUDO DO GRUPO DE POINCARÉ E DE SUAS REPRESENTAÇÕES IRREDUTÍVEIS

Ana Camila Costa Esteves

Universidade de São Paulo

São Paulo - São Paulo

Milton Souza Ribeiro Miltão

Universidade Estadual de Feira de Santana

Feira de Santana - Bahia

RESUMO: Na Física é de extrema importância que a descrição de um fenômeno seja a mesma independente do referencial do qual a observação é feita. Assim, as leis da Física devem ser invariantes sob transformações de coordenadas entre referenciais inerciais, obedecendo ao princípio da relatividade. Nesse sentido, o conceito de simetria é essencial, já que as simetrias de um sistema são invariantes sob transformações, por exemplo, de translação e rotação. Dessa forma, a Teoria de Grupos nos fornece a base para esse estudo pelo fato de ser a linguagem que descreve as simetrias. Ao trabalharmos com transformações entre referenciais inerciais podemos lidar com o caso não relativístico (transformações de Galileo) e relativístico (transformações de Lorentz) sendo que cada um desses tipos de transformações geram grupos diferentes, a saber, os grupos de Galileo e de Lorentz. Como um exemplo, aplicamos essas transformações na equação de onda do eletromagnetismo mostrando que ela só é invariante sob transformação de Lorentz.

Em seguida, abordamos o grupo de Lorentz homogêneo e suas representações irredutíveis de dimensão finita e o grupo de Poincaré e suas representações irredutíveis unitárias. Assim, verificamos que as representações irredutíveis unitárias do grupo de Poincaré se relacionam com as partículas elementares da Teoria Quântica de Campos à medida que elas são classificadas com base na grandeza spin, sendo que para cada valor de spin corresponde uma representação única.

PALAVRAS-CHAVE: Teoria de grupos, grupo de Poincaré, representações irredutíveis unitárias, partículas elementares, Teoria Quântica de Campos.

ABSTRACT: In physics it is of extreme importance that the description of a phenomenon is the same regardless of the reference frame from which the observation is made. Therefore, the laws of physics must be invariant under coordinate transformations between inertial frames, thus obeying the principle of relativity. The concept of symmetry is then essential, since the symmetries of a system are invariant under transformations, such as translation and rotation. In this way, Group Theory provides the framework for this study as it is the language that describes the symmetries. When we work with transformations between inertial frames we can deal with the non-relativistic (Galileo

transformations) and relativistic (Lorentz transformations) cases, each of these types of transformations generating different groups, namely the Galileo and Lorentz groups. As an example, we applied this transformations in the wave equation of electromagnetism, showing its invariance under Lorentz transformation alone. Then we discussed the homogeneous Lorentz group and its irreducible representations of finite dimension and the Poincaré group and its irreducible unitary representations. We found that the irreducible unitary representations of the Poincaré group are related to the elementary particles of Quantum Field Theory as they are classified based on the quantity spin, each spin value corresponding to a unique representation.

KEYWORDS: Group Theory, Poincaré group, irreducible unitary representations, elementary particles, Quantum Field Theory.

1 | INTRODUÇÃO

Este trabalho é uma revisão do trabalho Estudo do grupo de Poincaré através de suas representações tensoriais e espinoriais apresentado no XIX Seminário de Iniciação Científica da UEFS. Nele, fizemos um estudo do grupo de Poincaré, partindo das definições de simetrias e grupos (SUDARSHAN e MUKUNDA, 1974) e mostramos que transformações de Lorentz dão origem aos grupos de Lorentz homogêneo e não homogêneo, ou grupo de Poincaré. A compreensão das representações irredutíveis do grupo de Poincaré (NAIMARK, 1964; TUNG, 1985) nos permitiu entender a sua relevância na Física, já que essas representações nos levam às partículas elementares e suas equações de movimento. Sendo assim, o estudo do referido grupo é uma boa alternativa para que se tenha uma base para o estudo da Teoria Quântica de Campos (SCHWEBER, 1962).

A importância da Teoria de Grupos se dá devido a sua relação com diversas ciências atuais, aparecendo constantemente em estudos de álgebra, química, topologia, entre outros. O seu estudo surgiu em conexão com a solução de equações (LIVIO, 2005) e sua importância na Física é facilmente observada à medida que os grupos podem representar algebricamente inúmeras teorias físicas, sendo utilizada tanto em áreas mais antigas como a Mecânica Clássica, quanto em áreas em desenvolvimento como a Matéria Condensada.

O estudo das simetrias em conjunto com as representações dos grupos de Lie proporciona um grande poder preditivo, o que ajuda na previsão, por exemplo, de novas partículas elementares, sendo este, portanto, um tema de grande relevância devido à ampla utilização de aceleradores de partículas na atualidade para a descoberta de novas partículas. Murray Gell-Mann, por exemplo, conseguiu uma classificação coerente para os hádrons usando as representações de octetos dos grupos $SU(3)$ e previu a existência de novas partículas elementares (DIAS, 2006). Assim, consolidou-se a relação entre teorias abstratas, grupos de Lie e a física de partículas.

Existem na física dois tipos de transformações de coordenadas entre referenciais inerciais. A primeira é a transformação de Galileo, que só possui validade no limite de baixas velocidades, e é utilizada na Mecânica Clássica e Mecânica Quântica não relativística. No entanto, devido às equações de Maxwell não serem invariantes sob tais transformações, foram desenvolvidas transformações sob as quais as equações de Maxwell fossem invariantes, para que se garantisse o princípio da relatividade, que afirma que as leis da Física devem ser as mesmas em todos os referenciais. Com isso, surgiu a relatividade especial, cujas transformações de coordenadas dão origem ao grupo de Lorentz.

O objetivo deste trabalho é estudar o grupo de Poincaré visando sua aplicação na Teoria Quântica de Campos e isso foi feito a partir da descrição das representações irredutíveis deste grupo e da relação entre a Teoria de Grupos com os princípios de simetria contínua.

2 | METODOLOGIA

Para atingirmos o objetivo desse trabalho, que é estudar as representações irredutíveis do grupo de Poincaré, primeiramente se faz necessário entender o conceito de referenciais inerciais e as transformações de coordenadas que os relacionam. Então, no caso não relativístico somos remetidos à Mecânica Clássica, e no caso relativístico à relatividade espacial. Com isso, o estudo de simetrias e da teoria de representações de grupos nos permite estudar os grupos de Lorentz homogêneo e não homogêneo, assim como seus subgrupos, e determinar as suas representações irredutíveis.

3 | SIMETRIAS E INVARIÂNCIA SOB TRANSFORMAÇÕES DE COORDENADAS

O estudo de simetrias é crucial para uma melhor compreensão do nosso universo e das leis que o governam. Já foi verificado experimentalmente que em grandes escalas espaço é isotrópico, o que nos diz que não há uma direção preferencial no universo, e homogêneo, o que indica que a matéria está distribuída de forma uniforme no universo. Além disso, as leis da natureza são independentes da velocidade relativa entre observadores, quando levada em consideração a transformação de coordenadas apropriada. Sendo assim, os referenciais inerciais estão relacionados por transformações de Lorentz e no limite não relativístico as transformações de Galileo ainda possuem validade.

Em uma linguagem mais matemática, podemos definir simetrias com base no conceito de isometria (RODITI, 2003). Uma isometria é um mapeamento do plano Euclidiano nele mesmo que preserva as distâncias. Existem quatro tipos de isometrias

planas que são:

- I. **Translação:** O deslocamento em uma dada direção de uma dada distância.
- II. **Rotação:** Rotação em torno de um dado ponto, o centro de rotação, de um dado ângulo.
- III. **Reflexão:** A transformação no plano que deixa uma linha fixa e que inverte a orientação.
- IV. **Reflexão com deslizamento:** A transformação que combina uma reflexão numa dada linha com uma translação de uma dada distância numa direção paralela à linha de reflexão.

Para cada conjunto no plano existe uma isometria identidade que leva o conjunto nele mesmo.

Podemos chamar de simetria de um conjunto C no plano Euclidiano uma isometria que mapeia este conjunto nele mesmo, ou seja, após uma operação de simetria em um determinado sistema, ele permanece inalterado.

Levando agora esses conceitos matemáticos para o contexto físico, podemos dizer que devido ao fato do espaço ser isotrópico as leis da Física possuem simetria de rotação. Com isso, se rotacionarmos um sistema referencial inercial e observarmos um determinado fenômeno, constatamos que as leis que o descrevem possuem a mesma forma das que foram obtidas antes da rotação. Devido à homogeneidade do espaço, também constatamos as mesmas leis da Física se fizermos uma observação a partir de um determinado referencial inercial e em seguida fizermos outra medida de um referencial inercial trasladado em relação ao primeiro por uma distância, por exemplo. Assim, as leis da Física também possuem simetria de translação, tanto espacial quanto temporal. As transformações de Lorentz, que relacionam as coordenadas de tais referenciais, podem ser representadas como rotações no espaço-tempo e podemos adicionar a elas translações no espaço-tempo. Com isso, as transformações de Lorentz dão conta das simetrias de rotação e translação das leis da física, associadas à isotropia e homogeneidade do espaço. Adicionalmente, a simetria de translação está relacionada a conservação do momento linear e a simetria de rotação com a conservação do momento angular. Isso decorre do Teorema de Noether, que relaciona simetrias contínuas com grandezas conservadas.

Assim, podemos ter uma descrição completa de um sistema físico em todos os pontos do espaço-tempo e quando quisermos descobrir as simetrias do sistema, devemos nos fazer a seguinte pergunta: "que operações podem ser realizadas no mundo que nos cerca que deixariam inalteradas as leis que descrevem todos os fenômenos observados?" (LIVIO, 2005).

Um princípio de invariância deve, então, permitir que os seguintes postulados sejam satisfeitos (SCHWEBER, 1962):

- I. Deve ser possível transladar uma descrição completa de um sistema físico de um sistema de coordenadas para outro equivalente.
- II. A translação de uma descrição dinamicamente possível, deve ser também dinamicamente possível.
- III. Os critérios para que uma descrição completa seja possível devem ser idênticos para observadores equivalentes.

No contexto quanto-mecânico, o primeiro postulado nos diz que existe uma correspondência entre os referenciais no que diz respeito aos pontos do espaço-tempo, aos vetores e aos observadores. O segundo postulado nos permite afirmar que as probabilidades de transição são independentes do sistema de referência, o que possibilita a diferentes observadores fazer as mesmas previsões sobre um experimento realizado no sistema.

3.1 Invariância da equação de onda do eletromagnetismo

Vamos agora aplicar as transformações de Galileo e de Lorentz na equação de onda escalar, que só possui uma componente do campo, e mostrar que ela só é invariante sob transformação de Lorentz, sendo a transformação de Galileo inadequada pra tratar fenômenos eletromagnéticos (REITZ, 1993).

A equação de onda escalar, que pode ser obtida a partir das equações de Maxwell é dada por:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} . \quad (1)$$

Considerando que a direção da velocidade de translação entre dois referenciais K e K' está no eixo x, temos a seguinte transformação de Galileo:

$$\begin{aligned} x' &= x - vt, \\ y' &= y, \quad z' = z, \quad t' = t. \end{aligned}$$

Aplicando as transformações de Galileo na equação (1) a partir das relações

$$\frac{\partial}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t'} - v \frac{\partial}{\partial x'}, \quad \text{e} \quad \frac{\partial^2}{\partial t^2} = \frac{\partial^2}{\partial t'^2} + v^2 \frac{\partial^2}{\partial x'^2} - 2v \frac{\partial^2}{\partial t' \partial x'}$$

obteremos para a equação de onda no referencial K' a seguinte equação

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x'^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y'^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z'^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t'^2} - \frac{v^2}{c^2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x'^2} + \frac{2v}{c^2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t' \partial x'_3} = 0$$

que claramente não mantém a mesma forma após a transformação.

Agora, seja uma transformação de Lorentz (SCHRÖDER, 1990)

$$x' = \gamma(v)(x - vt), \quad y' = y, \quad z' = z, \quad t' = \gamma(v) \left(t - \frac{v}{c^2} x \right), \quad (2)$$

onde $\gamma(v) = 1/\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ e c é a velocidade da luz, entre dois referenciais K e K' , que possuem velocidade relativa ao longo da direção x . Podemos aplicar essa transformação na equação de onda (1) utilizando as seguintes substituições

$$\frac{\partial}{\partial x} = \frac{\partial x'}{\partial x} \frac{\partial}{\partial x'} + \frac{\partial t'}{\partial x} \frac{\partial}{\partial t'}$$

$$\frac{\partial}{\partial y} = \frac{\partial y'}{\partial y} \frac{\partial}{\partial y'}$$

$$\frac{\partial}{\partial z} = \frac{\partial z'}{\partial z} \frac{\partial}{\partial z'}$$

$$\frac{\partial}{\partial t} = \frac{\partial x'}{\partial t} \frac{\partial}{\partial x'} + \frac{\partial t'}{\partial t} \frac{\partial}{\partial t'}$$

e a partir disso obtemos a seguinte equação de onda no sistema K' .

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x'^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y'^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z'^2} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t'^2}$$

que, por ser homogênea, nos permite trocar os φ por φ' resultando em uma equação com a mesma forma da anterior.

As equações resultantes das aplicações das transformações de Galileo e de Lorentz nos permitem concluir que a equação de onda não é invariante sob transformação de Galileo, pois a equação resultante não descreve a propagação das ondas eletromagnéticas da maneira prevista, não possuindo a forma esperada no sistema referencial K' . Como as leis da Física devem ser as mesmas em todos os referenciais, a obtenção dessa equação não é coerente com o princípio da relatividade. Portanto, as equações de Maxwell são invariantes sob as transformações de Lorentz, e o fenômeno eletromagnético será o mesmo independente do referencial, como exigido pelo princípio da relatividade. Consequentemente, as equações de Maxwell não são invariantes sob o grupo de Galileo, mas sim sob o grupo de Poincaré.

4 | TEORIA DE GRUPOS

Para descrever as simetrias do mundo físico utilizamos a teoria de representação de grupos, que funciona como uma linguagem que nos permite transportar as simetrias para o arcabouço da matemática. Assim, apresentamos a seguinte definição pra um grupo:

Definição: Um grupo G é um conjunto de elementos (objetos, operações, rotações, transformações) que podem ser combinados por uma operação $*$ (“multiplicação de grupo”) e que satisfazem às seguintes propriedades:

1. **Fechamento:** Se a e b são dois elementos quaisquer de G , então seu produto $a*b$ também é um elemento de G .

2. **Associatividade:** Se a, b, c pertencem a G , então

$$(a*b)*c=a*(b*c)=a*b*c.$$

3. **Elemento neutro:** Existe um elemento único I tal que, para todo $a \in G$, tenhamos $I*a=a*I=a$.

4. **Elemento inverso:** Para todo $a \in G$ existe um único $a^{-1} \in G$ tal que

$$a*a^{-1}=a^{-1}*a=I.$$

No estudo da teoria de representações de grupos algumas definições são fundamentais e serão aqui explicitadas (TUNG, 1999).

Homomorfismo: Um homomorfismo entre um grupo G e um grupo G' é um mapeamento (não necessariamente um a um) que preserva a multiplicação de grupo. Em outras palavras, se $g_i \in G \rightarrow g'_i$ e $g_1 g_2 = g_3$, então $g'_1 g'_2 = g'_3$.

Isomorfismo: Dois grupos G e G' são ditos isomórficos se existe uma correspondência um a um entre seus elementos que preserva a lei de multiplicação de grupo, assim eles possuem a mesma tabela de multiplicação.

O isomorfismo é um caso especial do homomorfismo. Toda a teoria de representações de grupos é construída sobre homomorfismos de grupos abstratos (frequentemente grupos de simetria da física) em grupos de operadores lineares ou matrizes em espaços vetoriais (como espaços de estados físicos).

Representação de um grupo: Se existe um homomorfismo de um Grupo G em um grupo de operadores $U(G)$ em um espaço vetorial V , dizemos que $U(G)$ forma uma representação do grupo. Por exemplo, se e, g_1, g_2, \dots são elementos de G e se esses elementos estão associados aos operadores lineares $U_e, U_{g_1}, U_{g_2}, \dots$ em V , dizemos que esses operadores formam uma representação do grupo G se

$$T_e = I \quad e \quad U_{g_1} U_{g_2} = U_{g_1 g_2}$$

Se $U(G)$ for representado por matrizes, então teremos uma representação matricial do grupo G . A dimensão da representação é a dimensão do espaço vetorial V . Uma representação é dita exata se o homeomorfismo também é um isomorfismo. Uma representação degenerada, por exemplo, não é exata.

Representações de grupos em espaços de funções são muito importantes em aplicações físicas. As propriedades de transformação de equações de onda em sistemas clássicos (cordas, som, fluidos) e quânticos (Schrödinger, Dirac,...), assim como “Campos” (Eletromagnético, Gauge,...) sob grupos de simetria interna no espaço-tempo são centrais para a física moderna.

Subespaço invariante: Seja $U(G)$ uma representação de G no espaço vetorial V , e V_1 um subespaço de V com a propriedade de que $U(g)x \in V_1$ para todo $x \in V_1$ e $g \in G$, dizemos que V_1 é um subespaço invariante de V com respeito a $U(G)$. Um subespaço é dito mínimo ou próprio se ele não contém nenhum subespaço invariante não trivial com respeito a $U(G)$.

Representações irredutíveis: Uma representação $U(G)$ em V é irredutível se não existe nenhum subespaço invariante não trivial em V com respeito a $U(G)$. De outra forma, a representação é redutível. Nesse último caso, se o complemento ortogonal de um subespaço invariante também é invariante com respeito a $U(G)$, então a representação é dita totalmente redutível.

Representação unitária: Se o espaço de representação de grupo é um espaço de produto interno, e se os operadores $U(G)$ são unitários (Um operador unitário obedece $U^{-1} = U^* U^{-1} = U^*$, ou seja sua inversa coincide com seu adjunto.) para todo $g \in G$, então a representação $U(G)$ é dita unitária.

Subgrupo a um parâmetro: É qualquer função de operadores contínua $A(t)$ a um parâmetro t , satisfazendo

$$A(t_1 + t_2) = A(t_1)A(t_2)$$

Geradores: Como os subgrupos a um parâmetro são funções diferenciáveis do parâmetro t , podemos definir os geradores do grupo como

$$A_k = \left[\frac{d}{dt} A(t) \right]_{t=0}, k = 1, 2, 3,$$

de modo que possamos expressar $A_k(t)$ da seguinte forma

$$A_k(t) = 1 + tA_k + \frac{t^2}{2!} A_k^2 + \dots = e^{tA_k}$$

o que nos permite determinar uma representação $g \rightarrow T_g$ de um grupo G de forma única através de seus geradores.

5 | O GRUPO DE LORENTZ HOMOGÊNEO

Seja uma transformação de Lorentz dada por (2), podemos representá-la por uma matriz 4X4 que mantém o produto interno de quadrivetores invariante. Na notação tensorial utilizada na Mecânica Relativística, um quadrivetor é dado por

$$x^\mu \rightarrow x^0 = ct, x^1 = x, x^2 = y, x^3 = z; x^\mu = \{x^0, \mathbf{x}\},$$

ou seja, ao passarmos para o espaço de Minkowski adicionamos uma coordenada temporal, ct , às coordenadas usais.

Sendo assim, a transformação de Lorentz homogênea mais geral é uma transformação linear da forma

$$x^\mu = \Lambda^\mu_\nu x^\nu,$$

que mantém invariante a forma quadrática $x_\mu x^\mu$, ou $x^2 + y^2 + z^2 - c^2 t^2$. Aqui fizemos uso da notação de Einstein, segundo a qual a repetição de índices em um membro deixa implícita uma soma nesses índices, que dizemos que estão contraídos. Faremos uso dessa notação ao longo de todo o texto.

Fazendo a substituição $\tanh u = \beta$ e $\beta = v/c$, podemos reescrever a transformação de Lorentz em termos de funções hiperbólicas utilizando o fato de $\cosh^2 u - \sinh^2 u = 1$ e $\tanh u = \frac{\sinh u}{\cosh u}$. Sendo assim, a matriz que corresponde a essa transformação é

$$\Lambda = \{\Lambda^\mu_\nu\} = \begin{pmatrix} \cosh u & -\sinh u & 0 & 0 \\ -\sinh u & \cosh u & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad (3)$$

que é o chamado boost de Lorentz. Os índices μ e ν nos indicam as linhas e colunas da matriz Λ . Se quisermos obter a transformação inversa do sistema em movimento para o sistema em repouso, os sinais dos \sinh devem ser invertidos.

A condição necessária para que o produto interno de quadrivetores seja invariante é dada por

$$g_{\mu\nu} \Lambda^\mu_\nu \Lambda^\sigma_\lambda = g_{\nu\lambda}, \quad (4)$$

onde $g_{\mu\nu}$ é o tensor métrico, que está relacionado à medida de distâncias do espaço de Minkowski e que corresponde à matriz

$$G = \{g_{\mu\nu}\} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$$

As coordenadas de vetores contravariantes (covariantes) são representadas por x^μ (x_μ) e esses vetores são representados por matrizes coluna (linha). Para transformar um vetor covariante em um vetor contravariante, utilizamos o tensor métrico, $x_\mu = g_{\mu\nu}x^\nu$, sendo que ele atua invertendo o sinal das componentes espaciais do quadrivetor.

Na forma matricial, a condição necessária e suficiente para uma matriz Λ representar uma transformação de Lorentz é

$$\Lambda^T G \Lambda = G \quad (5)$$

onde Λ^T é a transposta de Λ . Isso quer dizer que transformações de Lorentz preservam a métrica do espaço de Minkowski. Não é difícil mostrar que as transformações de Lorentz satisfazem as propriedades de grupo definidas anteriormente, sendo os elementos de grupo as matrizes Λ e a operação de grupo a multiplicação de matrizes usual. Um melhor detalhamento disso pode ser encontrado em (ESTEVEZ, 2017).

As transformações de Lorentz podem ser classificadas da seguinte forma

- $\Lambda^0_0 \leq -1$: Não ortócrona
- $\Lambda^0_0 \geq 1$: Ortócrona
- $\det \Lambda = 1$: Própria
- $\det \Lambda = -1$: Imprópria

sendo que transformações que possuem $\det \Lambda = 1$ estão continuamente conectadas ao elemento identidade, já que o determinante do elemento identidade também é 1. As transformações de Lorentz ortócronas preservam a direção no tempo e as transformações próprias preservam a orientação espacial. Transformações de Lorentz que são próprias e ortócronas formam o grupo de transformações de Lorentz homogêneo restrito.

Além do boost de Lorentz, transformações de rotações no espaço tridimensional também obedecem à condição dada pela equação (5) e, assim, dão origem ao grupo de rotação, que é um subgrupo do grupo de Lorentz. Uma rotação em torno do eixo pode ser representada pela matriz

$$\Lambda(R) = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & R \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \psi & \sin \psi & 0 \\ 0 & -\sin \psi & \cos \psi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Estamos interessados apenas no grupo de Lorentz próprio ortócrono, que preserva a orientação temporal e espacial e que é formado por rotações, boosts, ou uma combinação dos dois.

Como os elementos do grupo de Lorentz restrito estão continuamente conectados à identidade, é de interesse encontrarmos uma transformação infinitesimal a partir da origem. Para isso, precisamos encontrar os geradores de tal transformação. Se denotarmos pelos números 1 e 0, uma rotação que ocorre no plano $x^0 x^1$, que é o caso da matriz dada na equação (3), podemos encontrar os geradores dessa rotação através de

$$\mathfrak{M}^{10} = \left. \frac{d}{du} \Lambda \right|_{u=0}$$

e similarmente para rotações nos planos $x^0 x^2$ e $x^0 x^3$, encontramos os seguintes geradores de boosts

$$\mathfrak{M}^{10} = \begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad \mathfrak{M}^{20} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad \mathfrak{M}^{30} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

nas direções x^1, x^2 e x^3 , respectivamente. Já para rotações espaciais nos planos $x^1 x^2$, $x^2 x^3$, e $x^3 x^1$ encontramos os seguintes geradores

$$\mathfrak{M}^{12} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad \mathfrak{M}^{23} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \end{pmatrix}, \quad \mathfrak{M}^{31} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Assim, uma transformação de Lorentz infinitesimal arbitrária pode ser escrita como

$$\Lambda^\alpha{}_\beta = \delta^\alpha{}_\beta + \frac{1}{2} \omega^{\mu\nu} (\mathfrak{M}_{\mu\nu})^\alpha{}_\beta,$$

onde $\delta^\alpha{}_\beta$ corresponde à operação identidade e os $\omega^{\mu\nu}$ são números reais. Nessa expressão os μ e ν identificam o plano de rotação e os α e β identificam os elementos das matrizes. Na forma matricial, escrevemos

$$\Lambda(\omega) = I + \frac{1}{2} \omega^{\mu\nu} \mathfrak{M}_{\mu\nu}. \quad (6)$$

As representações do grupo serão obtidas por exponenciação,

$$\Lambda(\mu\nu; u) = e^{u \mathfrak{M}^{\mu\nu}},$$

e os geradores $\mathfrak{M}_{\mu\nu}$ satisfazem as seguintes regras de comutação (O comutador de dois operadores \hat{A} e \hat{B} é dado por $[\hat{A}, \hat{B}] = \hat{A}\hat{B} - \hat{B}\hat{A}$)

$$[\mathfrak{M}_{\mu\nu}, \mathfrak{M}_{\rho\sigma}] = g_{\mu\rho} \mathfrak{M}_{\nu\sigma} + g_{\nu\sigma} \mathfrak{M}_{\mu\rho} - g_{\mu\sigma} \mathfrak{M}_{\nu\rho} - g_{\nu\rho} \mathfrak{M}_{\mu\sigma}.$$

Para uma representação $D(\Lambda)$ do grupo de Lorentz restrito, os geradores infinitesimais dessa representação serão $M_{\mu\nu}$. Assim, se Λ for dado por (6) teremos,

$$D(\omega) = I + \frac{1}{2} \omega^{\mu\nu} M_{\mu\nu}$$

onde os $M_{\mu\nu}$ obedecem às mesmas regras de comutação que os $\mathfrak{M}_{\mu\nu}$.

Estamos interessados nas representações de dimensão finita do grupo de Lorentz homogêneo, que não são unitárias. Para encontrá-las vamos definir os operadores M e N da seguinte forma

$$\mathbf{M} = (M_{32}, M_{13}, M_{21}) \quad , \quad \mathbf{N} = (M_{01}, M_{02}, M_{03}) \quad ,$$

de forma que é fácil notar que M engloba as representações dos geradores de rotações infinitesimais espaciais, e N as representações dos geradores de transformações que atuam sobre uma coordenada temporal e uma espacial, ou seja, os geradores do boost de Lorentz. Esses operadores possuem as seguintes regras de comutação

$$[M_i, M_j] = \epsilon_{ijk} M_k \quad , \quad [N_i, N_j] = -\epsilon_{ijk} M_k \quad , \quad [M_i, N_j] = \epsilon_{ijk} N_k$$

Podemos também construir dois operadores que comutam com todos os M_i e N_i , os chamados operadores de Casimir, que são operadores que comutam com todos os geradores do grupo. Eles são dados por

$$\mathbf{M}^2 - \mathbf{N}^2 = \frac{1}{2} M_{\mu\nu} M^{\mu\nu} \quad \text{e} \quad \frac{1}{8} \epsilon^{\mu\nu\rho\sigma} M_{\mu\nu} M_{\rho\sigma} = -\mathbf{M} \cdot \mathbf{N}$$

e possuem autovalores $j(j+1)$ e $j'(j'+1)$ respectivamente. Agora introduzimos os operadores

$$J_l = \frac{1}{2}i(M_l + iN_l), \quad K_l = \frac{1}{2}i(M_l - iN_l),$$

que satisfazem às regras de comutação

$$[J_k, J_l] = \epsilon_{klm}J_m, \quad [K_k, K_m] = i\epsilon_{lmn}K_n, \quad [J_l, K_m] = 0.$$

Devido aos fatores i , os operadores J_l e K_l não podem ser simultaneamente hermitianos, assim como M e N (Um operador hermitiano \hat{Q} representa um observável, ou seja, uma quantidade que pode ser observada, medida, e possui a seguinte propriedade $\langle f|\hat{Q}f\rangle = \langle \hat{Q}f|f\rangle$).

Podemos ter um espaço de representação irredutível $V^{jj'}$ de dimensão $(2j+1)(2j'+1)$ gerado pelos vetores de base $|jm; j'm'\rangle$ para cada par de autovalores j, j' . Os j, m, j', m' são inteiros ou semi inteiros e assumem os valores

$$-j \leq m \leq j, \quad -j' \leq m' \leq j'.$$

Os operadores J e K possuem a seguinte representação (SCHWEBER, 1962)

$$\begin{aligned} J_{\pm}|jm; j'm'\rangle &= (J_1 \pm iJ_2)|jm; j'm'\rangle, \\ J_{\pm}|jm; j'm'\rangle &= \sqrt{(j \mp m)(j \pm m + 1)}|jm \pm 1; j'm'\rangle, \\ J_3|jm; j'm'\rangle &= m|jm; j'm'\rangle \end{aligned}$$

e

$$\begin{aligned} K_{\pm}|jm; j'm'\rangle &= (K_1 \pm iK_2)|jm; j'm'\rangle, \\ K_{\pm}|jm; j'm'\rangle &= \sqrt{(j' \mp m')(j' \pm m' + 1)}|jm; j'm' \pm 1\rangle, \\ K_3|jm; j'm'\rangle &= m'|jm; j'm'\rangle. \end{aligned}$$

A representação para J é a mesma encontrada no caso do grupo de rotação e está associada ao momento angular. Adicionalmente às representações do grupo de rotação, temos também as representações do operador K , que dá conta do boost de Lorentz. As representações irredutíveis do grupo de Lorentz homogêneo são classificadas pelos autovalores dos operadores de Casimir M e N e a matriz que representa qualquer transformação de Lorentz particular $D^{(jj')}(\Lambda)$ é agora obtida a partir da representação dos J e K , que possui dimensão $(2j+1)(2j'+1)$, sendo de valor único se $j+j'$ for inteiro e duplamente degenerada do contrário. Podemos classificar certas quantidades com base nas transformações sob as quais elas transformam. Alguns exemplos são os seguintes:

$$D\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right) \rightarrow \text{vetor de 4 componentes}; \quad D^{(0,0)} \rightarrow \text{escalar}$$

$$D\left(\frac{1}{2}, 0\right) \rightarrow \text{espinor de duas componentes}; \quad D\left(0, \frac{1}{2}\right) \rightarrow \text{espinor conjugado}$$

No caso das representações espinoriais, uma representação matricial explícita dos geradores infinitesimais pode ser dada em termos das matrizes de Pauli:

$$M_j^{\frac{1}{2},0} = -\frac{1}{2} i\sigma_j \quad , \quad M_j^{0,\frac{1}{2}} = -\frac{1}{2} i\sigma_j \quad , \quad N_j^{\frac{1}{2},0} = -\frac{1}{2} \sigma_j \quad , \quad N_j^{0,\frac{1}{2}} = -\frac{1}{2} \sigma_j \quad ,$$

sendo que essas representações não são equivalentes.

As representações de dimensão finita do grupo de Lorentz homogêneo, que não são unitárias, não podem corresponder a estados realizáveis fisicamente. No entanto, sua relevância na física se deve ao fato de todas as variáveis físicas, funções de onda clássicas e quânticas, assim como campos, transformarem como representações de dimensão finita do grupo homogêneo de Lorentz. Assim, posição, momento linear, momento angular, entre outros, transformam segundo o grupo de Lorentz homogêneo. O grupo cujas representações correspondem a estados realizáveis de partículas elementares é o grupo de Poincaré, como veremos a seguir (TUNG, 1985).

6 | O GRUPO DE POINCARÉ

Devido a homogeneidade do espaço-tempo as leis da física devem ser invariantes sob translações no espaço-tempo e assim devemos ter uma transformação de coordenadas e, conseqüentemente, um grupo de simetrias, que leve em conta essas translações. Nesse contexto, vamos introduzir o grupo de Poincaré, ou grupo de Lorentz não-homogêneo, que é formado pelo conjunto de transformações no espaço de Minkowski, sendo estas translações no espaço-tempo, rotações espaciais e boost de Lorentz (SCHWEBER, 1962; TUNG, 1985). Ou seja, o grupo de Poincaré consiste do grupo de Lorentz homogêneo juntamente com translações no espaço-tempo. Uma transformação de Lorentz não-homogênea $L = \{\mathbf{a}, \Lambda\}$, é definida por

$$x'^{\mu} = (Lx)^{\mu} = \Lambda^{\mu}_{\nu} x^{\nu} + a^{\mu} \quad ,$$

onde \mathbf{a}^{μ} é um vetor real, que corresponde à translação e Λ^{μ}_{ν} é a transformação de Lorentz homogênea. A atuação dessa transformação ocorre como um produto da transformação de Lorentz com a translação, sendo que a translação atua por último. A representação matricial da transformação de Lorentz não-homogênea é dada por

$$L(\mathbf{a}, \Lambda)x^\mu = \begin{pmatrix} \Lambda^0_0 & \Lambda^0_1 & \Lambda^0_2 & \Lambda^0_3 & a^0 \\ \Lambda^1_0 & \Lambda^1_1 & \Lambda^1_2 & \Lambda^1_3 & a^1 \\ \Lambda^2_0 & \Lambda^2_1 & \Lambda^2_2 & \Lambda^2_3 & a^2 \\ \Lambda^3_0 & \Lambda^3_1 & \Lambda^3_2 & \Lambda^3_3 & a^3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x^0 \\ x^1 \\ x^2 \\ x^3 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x'^0 \\ x'^1 \\ x'^2 \\ x'^3 \\ 1 \end{pmatrix},$$

onde o número não tem significado físico e está aí para que tenhamos uma única matriz quadrada que dê conta das duas transformações. Um elemento geral do grupo de Poincaré pode, então, ser decomposto da seguinte forma

$$L(\mathbf{a}, \Lambda) = T(\mathbf{a})\Lambda,$$

o que nos diz que ele possui dois subgrupos, o grupo de translação no espaço-tempo e o grupo homogêneo de Lorentz. O grupo de Poincaré é um grupo a 10 parâmetros e por isso possui 10 geradores, os 6 relacionados às transformações de Lorentz homogêneas infinitesimais, e 4 relacionados às translações infinitesimais.

Uma translação infinitesimal é definida por

$$T(\delta b) = E - i\delta b^\mu p_\mu,$$

onde os p_μ são os geradores das translações infinitesimais e δb^μ são as componentes de um vetor de deslocamento arbitrariamente pequeno. Como as translações podem ser tanto temporais quanto espaciais, temos que p_0 corresponde ao gerador de translações temporais e os p_i , para $i=1, 2, 3$, correspondem aos geradores de translações espaciais. Em aplicações físicas, os geradores p_i são realizados como operadores momento e o p_0 como operador energia.

Uma translação finita também será obtida por exponenciação da seguinte forma

$$U(\mathbf{a}) = e^{-i a_\mu p^\mu}.$$

Os geradores de translações infinitesimais, bem como os geradores das transformações de Lorentz $M_{\mu\nu}$ discutidos anteriormente são operadores hermitianos que obedecem as seguintes regras de comutação

$$\begin{aligned} [p^\mu, p^\nu] &= 0, \\ [M_{\mu\nu}, p_\sigma] &= i(g_{\nu\sigma} p_\mu - g_{\mu\sigma} p_\nu), \\ [M_{\mu\nu}, M_{\rho\sigma}] &= -i(g_{\nu\sigma} M_{\rho\mu} - g_{\nu\mu} M_{\rho\sigma} + g_{\nu\sigma} M_{\rho\sigma} - g_{\nu\mu} M_{\rho\sigma}). \end{aligned}$$

Para classificar as representações unitárias irredutíveis do grupo de Poincaré, vamos novamente construir os operadores de Casimir. O primeiro operador de Casimir é definido por

$$P = p^\mu p_\mu$$

e corresponde ao produto escalar do quadrimomento p^μ com autovalores m^2 . Para construir o segundo operador de Casimir, vamos usar o pseudovetor w_σ de Pauli-Lubanski definido por (SCHWEBER, 1962)

$$w_\sigma = \frac{1}{2} \epsilon_{\sigma\mu\nu\lambda} M^{\mu\nu} p^\lambda,$$

onde $\epsilon_{\sigma\mu\nu\lambda}$ é o símbolo de Levi-Civita em quatro dimensões, e definir as quantidades

$$v_{\mu\nu\rho} = p_\mu M_{\nu\rho} + p_\nu M_{\rho\mu} + p_\rho M_{\mu\nu} = M_{\nu\rho} p_\mu + M_{\rho\mu} p_\nu + M_{\mu\nu} p_\rho,$$

de modo que $(w^0, w^1, w^2, w^3) = (v^{321}, v^{320}, v^{130}, v^{210})$, ou em notação vetorial

$$w^0 = \mathbf{p} \cdot \mathbf{M}, \quad \mathbf{w} = p_0 \mathbf{M} - \mathbf{p} \times \mathbf{N},$$

e o segundo operador de Casimir será dado por

$$W = \frac{1}{6} v^{\mu\nu\rho} v_{\mu\nu\rho} = -w^\mu w_\mu = \frac{1}{2} M_{\mu\nu} M^{\mu\nu} p_\sigma p^\sigma - M_{\mu\sigma} M^{\nu\sigma} p^\mu p_\nu$$

e está associado à helicidade da partícula ζ .

Podemos classificar as representações irredutíveis unitárias do grupo de Poincaré segundo os valores de p^2 e \mathbf{p} . Em especial, no caso em que $p^2 > 0$ as representações irredutíveis do grupo de Poincaré podem ser obtidas a partir do método de representação induzida (TUNG, 1985), que é utilizado para gerar representações irredutíveis de grupos contínuos que possuem um subgrupo invariante.

Primeiramente devemos selecionar um vetor padrão e o subespaço associado a ele. O vetor padrão será

$$p_t^\mu \equiv (p^0, \mathbf{p}) = (m, \mathbf{0}),$$

ou seja, o vetor correspondente a um estado em repouso ($\mathbf{p}=0$) com massa, ou energia de repouso, m . Vamos denotar por $\{|\mathbf{0}, \zeta\rangle\}$ os vetores de base que geram o subespaço correspondente aos autovalores p_t^μ de p^μ . As equações que definem esses vetores são

$$\begin{aligned}
 P^\mu |\mathbf{0}, \zeta\rangle &= |\mathbf{0}, \zeta\rangle p_t^\mu \\
 J^2 |\mathbf{0}, \zeta\rangle &= |\mathbf{0}, \zeta\rangle s(s+1) \\
 J_3 |\mathbf{0}, \zeta\rangle &= |\mathbf{0}, \zeta\rangle \zeta
 \end{aligned}$$

onde estamos usando o operador \mathbf{J} , que é um operador de Casimir do grupo de rotação em três dimensões e que possui autovalores $j(j+1)$. Nesse caso estamos usando s ao invés de j porque estamos lidando com vetores definidos no referencial de repouso da partícula e, portanto, devemos utilizar o spin, o momento angular intrínseco da partícula. Vamos omitir os detalhes da obtenção dessas representações, mas que podem ser encontradas em (TUNG, 1985). Mas o que é relevante aqui é o fato do método utilizado nos permitir obter um vetor arbitrário p^μ através do vetor padrão p_t^μ . A partir disso, teremos um espaço vetorial gerado pelos vetores $\{|\mathbf{p}, \zeta\rangle\}$ e que será invariante sob transformações do grupo de Poincaré. Esse espaço é irredutível e a representação obtida dessa forma é unitária.

Em conclusão, o espaço de representação irredutível será gerado por vetores de base denotados por $|m, s; \mathbf{p}, \zeta\rangle$, onde m e s são a massa e spin da partícula, \mathbf{p} o vetor momento do sistema e ζ a helicidade do estado. Sendo assim, haverá uma representação irredutível única para partículas com spin diferentes e que são, portanto, governada por equações de onda distintas.

Para um sistema elementar de massa m e spin s , cuja variedade de estados gera o espaço vetorial da representação irredutível rotulada por (m, s) , uma translação no tempo $a_\mu = (\tau, \mathbf{0}, \mathbf{0}, \mathbf{0})$ do estado $|\psi\rangle$ dá origem ao estado $U(\tau)|\psi\rangle$, onde

$$\langle \mathbf{p}, s | U(\tau) | \psi \rangle = e^{-ip_0 \tau} \psi(\mathbf{p}, s) = \psi(\mathbf{p}, s; \tau),$$

e a evolução temporal do sistema elementar é governada por

$$i\partial_\tau \psi(\mathbf{p}, s; \tau) = p_0 \psi(\mathbf{p}, s; \tau) = \sqrt{\mathbf{p}^2 + m^2} \psi(\mathbf{p}, s; \tau).$$

onde ∂_τ é uma derivada em relação ao tempo.

Assim, as representações irredutíveis unitárias do grupo de Poincaré nos levam às equações de movimento de partículas livres, devido à existência da translação temporal nesse grupo.

7 | CONCLUSÕES

Os princípios de simetria se mostraram fundamentais no desenvolvimento desse trabalho à medida que a homogeneidade do espaço está relacionada com a conservação do momento linear e a isotropia com a conservação do momento angular.

Por conta da conservação desses dois observáveis físicos, eles são invariantes de grupo, o que nos permitiu classificar as representações dos grupos com base nos seus autovalores. Como exemplo de uma equação de onda invariante apenas sob transformações de Lorentz, utilizamos a equação de onda do eletromagnetismo, que é satisfeita pelos campos magnético e elétrico.

No domínio da Teoria Quântica de Campos devemos utilizar a relatividade especial para dar conta das transformações entre referenciais inerciais e é o grupo de Poincaré que representa algebricamente essa transformação de coordenada.

Como vimos, as representações irredutíveis unitárias do grupo de Poincaré são classificadas pelo spin das partículas elementares e correspondem às equações de movimentos de partículas livres. Além disso, as representações do grupo de Lorentz homogêneo, mesmo não correspondendo a estados realizáveis, nos mostram como se transformam inúmeros observáveis físicos.

Os resultados apresentados aqui não são novos e podem ser encontrados nas referências citadas ao longo do texto. No entanto, entendemos que a Teoria de Grupos é um tema de grande relevância devido a sua ampla utilização nas mais diversas áreas da Física e acreditamos que deveria ser mais explorado nos cursos de graduação.

8 | AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Estadual de Feira de Santana, ao CNPq e à Fapesb pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

DIAS, S. A. **A Teoria Quântica de Campos e seu papel na descrição das Interações Fundamentais**. Caderno de Física da UEFS, 04 (01 e 02): 161-175, 2006.

ESTEVES, A. C. C. **Representações irredutíveis unitárias do grupo de Poincaré e as partículas elementares**. Monografia de graduação, Universidade Estadual de Feira de Santana, 2017.

LIVIO, Mario. **A equação que ninguém conseguia resolver**. Record, Rio de Janeiro, 2005.

NAIMARK, M. A. **Linear representations of the Lorentz group**, Oxford/ London/Edinburgh/ New York/ Paris/ Frankfurt: Pergamon Press, 1964.

REITZ, John R; MILFORD, Frederick J; CHRISTY, Robert W. **Foundations of electromagnetic theory**. 4th ed New York: Addison-Wesley Publishing Company, c.1993. 630 p.

RODITI, I. **Padrões e simetrias: Estética na Física e na Matemática**. CBPF, Rio de Janeiro, 2003

SCHRÖDER, Ulrich E. **Special relativity**. Singapore; Teaneck, N.J.: World Scientific, 1990. xi, 214 p. (World Scientific lecture notes in physics).

SCHWEBER S. S. **An introduction to relativistic quantum field theory**. 2ª ed. Nova York, Harper & Row, 1962.

SUDARSHAN, E. C. G.; MUKUNDA, N. **Classical Dynamics: A Modern Perspective**, Krieger Publishing, Malabar, Florida, 1983.

TUNG, Wu-Ki. **Group theory in physics**. Philadelphia: World Scientific, c1985. xviii, 344 p.

UMA REVISÃO SOBRE O PROBLEMA DE POSICIONAMENTO NO PROJETO DE CIRCUITOS INTEGRADOS MODERNOS

Mateus Paiva Fogaça

Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
Departamento de Informática
Porto alegre – RS

Jacques de Jesus Figueiredo Schmitz Junior

Universidade Federal do Rio Grande, Centro de
Ciências Computacionais
Rio Grande – RS

Paulo Francisco Butzen

Universidade Federal do Rio Grande, Centro de
Ciências Computacionais
Rio Grande – RS

Cristina Meinhardt

Universidade Federal de Santa Catarina,
Departamento de Informática e Estatística
Florianópolis – SC

RESUMO: As principais etapas da síntese física de circuitos integrados são o posicionamento e o roteamento. O posicionamento é responsável por encontrar uma posição para cada um dos componentes do circuito enquanto o roteamento é responsável por realizar as interconexões entre os componentes após o posicionamento. Ambas etapas otimizam funções de custo que avaliam a solução gerada. Embora sejam alvo de pesquisas por mais de 50 anos, o constante crescimento da complexidade dos circuitos cria novos desafios. As atuais tecnologias

de fabricação de circuitos integrados, com elevado número de componentes e transistores nanométricos, aumentou a complexidade destas etapas e destacou a importância de lidar com outras métricas além do tamanho das interconexões, como análise de tempos de propagação e roteabilidade do circuito. Dada a vasta literatura na área, este trabalho tem como objetivo apresentar uma revisão bibliográfica sobre as etapas de posicionamento e roteamento.

PALAVRAS-CHAVE: Microeletrônica, automação do projeto eletrônico, posicionamento, roteamento

ABSTRACT: Placement and routing are the main steps of the physical synthesis of integrated circuits. Placement is responsible for finding a position for each of the circuit components and routing is responsible for tracing the interconnections among the components after placement. Both steps optimize objective functions that evaluate the existing solution. Although placement and routing have been studied for more than 50 years, the steady growth of circuits size raises new challenges. In current technologies, the large number of components and nanometric transistors rise the complexity of these steps and highlight the need for other metrics than wirelength, such as timing and routeability. Given the extensive literature

on this field, this work presents a survey on placement and routing.

KEYWORDS: Microelectronics, electronic design automation, placement, routing

1 | INTRODUÇÃO

Circuitos integrados (CIs) fazem parte da quase totalidade de equipamentos eletrônicos dos dias atuais. O constante crescimento da complexidade funcional destes circuitos se reflete no aumento do número de componentes integrados dentro de um único chip. Projetos atuais podem contar com mais de 1 bilhão de transistores, com uma demanda do mercado por um curto tempo de desenvolvimento. Estes fatores levaram a necessidade de automação dos processos envolvidos no projeto de CIs, implicando no desenvolvimento de ferramentas de EDA (*Electronic Design Automation*) a fim de tornar o projeto mais rápido, confiável e barato. Tanto a indústria, quanto a academia realizam pesquisas por melhores algoritmos e estruturas de dados capazes de lidar com os desafios destes projetos.

Atualmente, o projeto de circuitos integrados para aplicações específicas, conhecidos como ASICs (*Application-specific integrated circuits*) pode ser realizado através de duas principais metodologias: o projeto *full custom* ou o projeto *standard cell* (Reis, 2000). Projetos *standard cell* permitem maior rapidez de projeto e confiabilidade, por adotar células padrão já devidamente projetadas e caracterizadas. Este trabalho focará no desenvolvimento de ferramentas de EDA voltadas para o fluxo de síntese da metodologia *standard cell*.

O fluxo de projeto é um conjunto de procedimentos que permite aos projetistas percorrerem um caminho livre de erros desde a especificação do sistema até a sua implementação no silício (WESTE; HARRIS, 2010). A Figura 1 (a) apresenta um fluxo de projeto de circuitos integrados em linhas gerais. O fluxo de síntese da metodologia *standard cell* pode ser dividido em 4 grandes fases: modelagem em alto-nível, síntese RTL, síntese lógica e síntese física.

A primeira fase do projeto é a modelagem em alto nível. Nesta fase, uma descrição comportamental do sistema é construída através de uma linguagem HDL (*Hardware description language*) como SystemC, VHDL, Verilog ou até mesmo C/C++. O objetivo é descrever o comportamento do sistema de forma que ele possa ser simulado e validado.

Em seguida, a descrição em alto nível é transformada em um conjunto de registradores e o fluxo de sinais entre eles através de operações lógicas, originando a descrição RTL (*register transfer level*). Na síntese lógica, a descrição RTL é inicialmente transformada em um circuito com funções lógicas genéricas. Assim é possível realizar otimizações independentes de tecnologia através da reestruturação das funções lógicas no circuito. O circuito passa então pelo mapeamento tecnológico. Esta etapa é responsável por substituir as funções lógicas genéricas por portas lógicas presentes

na biblioteca de células adotada no projeto. Depois de mapeado, o circuito passa pela otimização dependente da tecnologia. Ela reestrutura o circuito baseada em informações elétricas das portas lógicas, como atrasos, consumo de potência e área.

Após a conclusão da síntese lógica, o circuito passa para a etapa de síntese física. A síntese física é responsável por converter um circuito no domínio estrutural para o domínio físico. A Figura 1 (b) mostra um típico fluxo de síntese física para projetos com metodologia *standard-cell*, adotado para a maioria dos projetos de ASICs.

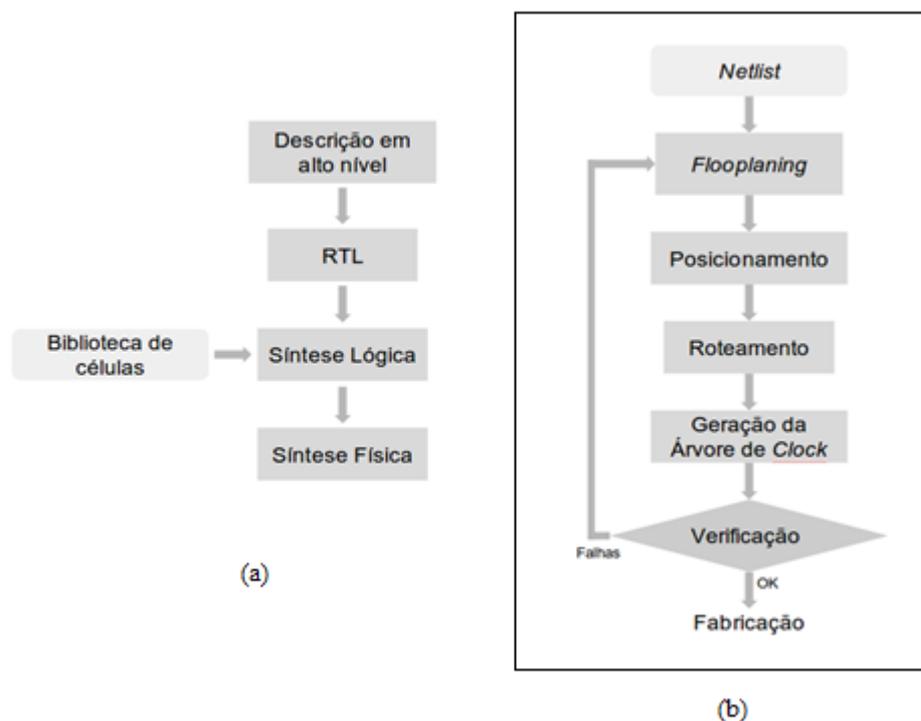


Figura 1. Fluxo de projeto (a) e fluxo de síntese física (b).

A primeira etapa da síntese física é chamada de planejamento topológico (*floorplaning*). Com o crescimento da complexidade dos circuitos integrados, o uso de abordagens hierárquicas passou a ser amplamente adotado (WANG; CHANG; CHENG, 2009). Estas abordagens dividem os componentes do circuito em módulos de acordo com a tarefa que exercem. O objetivo do *floorplaning* é realizar uma divisão inicial no *chip*, reservando uma região para cada um desses blocos bem como determinar a posição dos pinos de entrada e saída do circuito, e fazer a distribuição das redes de alimentação. As duas etapas seguintes da síntese física, posicionamento e roteamento, acontecem individualmente em cada um desses módulos.

O posicionamento é a etapa responsável por encontrar uma posição válida para cada uma das portas lógicas, também chamadas de células, na área disponível para o projeto em um circuito integrado, obedecendo ainda outras restrições de projeto. Esta etapa tem uma grande importância para o projeto, pois afeta diretamente o desempenho, consumo de potência e atrasos do circuito. Posicionadores geralmente recebem como entrada a relação de todas as células e suas conexões, conhecida como

netlist, e o *floorplaning*. Além disso, ferramentas de posicionamento também recebem a descrição física das portas lógicas da biblioteca de células usadas no projeto.

A etapa de roteamento é responsável por determinar as rotas exatas pelas quais os fios que realizam a troca de sinais entre as células (interconexões) serão realizados. Circuitos modernos podem conter centenas de milhões de conexões e as ferramentas de roteamento devem ser capazes de planejar todas elas. Para realizar esta tarefa, o roteamento é dividido em dois passos: o roteamento global e o roteamento detalhado. O roteamento global divide a área do *chip* em regiões de tamanho regular e cria as rotas que percorrem essas regiões. As rotas criadas pelo roteamento global também são conhecidas como “guias para o roteamento” (*routing guides*). Já o roteamento detalhado é responsável por determinar o caminho exato que os fios percorrerão, obedecendo ao máximo as guias geradas pelo roteamento global.

Em circuitos síncronos, os dados são processados obedecendo um sinal de clock. A última etapa da metodologia standard cell é a geração da árvore de clock, responsável por distribuir este sinal a todos os registradores do circuito. Esta etapa tenta garantir que o atraso relativo entre cada registrador seja o mínimo possível, fazendo com que todos os dados sejam amostrados ao mesmo tempo.

Depois de posicionado, roteado e a árvore de clock gerada, o circuito passa por ferramentas de análise e verificação. Uma delas é responsável pela extração de efeitos parasitas associados as conexões. Esses efeitos ocorrem devido as indutâncias, capacitâncias e resistências do circuito. Neste ponto é possível verificar com maior precisão se o circuito corresponde as especificações de frequência, potência e área. Esta etapa é conhecida por ser um gargalo no projeto pois muitas vezes é necessário realizar novamente o posicionamento e o roteamento repetidamente até que se atinja as especificações de projeto desejadas.

A maioria dos projetos de CIs tem como principal objetivo atingir uma frequência de operação. Por isso, os fluxos de projeto realizam a análise dos tempos de propagação (atrasos) do circuito, conhecida como análise de timing. Por fim, são realizadas simulações para verificar ruídos, queda na tensão de alimentação e limites de eletromigração. Se o projeto atender as especificações, está pronto para fabricação.

Este trabalho se baseia em um conjunto de conceitos básicos. A Figura 2 (a) ilustra estes principais conceitos, definidos como:

- **Célula:** é uma porta lógica presente na biblioteca de células. Estas bibliotecas contêm todas as portas lógicas de um circuito, assim como suas características físicas (altura, largura, pinos de entrada e saída, tecnologia, dentre outros).
- **Banda:** um chip é dividido em linhas de altura fixa. Estas linhas recebem o nome de bandas.
- **Site:** cada banda por sua vez é dividida em fatias de largura fixa que recebem o nome de sites. O site é o menor espaço que uma célula pode ocupar. En-

quanto portas lógicas mais simples ocupam 1 ou 2 sites, as mais complexas podem ocupar 30 ou mais.

- **Net:** é uma interconexão que liga duas ou mais células. Representa o fio que conectará os pinos de entrada ou saída de duas ou mais células, constituindo um circuito.
- **Half-perimeter wirelength (HPWL):** é uma estimativa do comprimento das interconexões utilizada para avaliar a qualidade do posicionamento. A Figura 2 (b) mostra o cálculo do HPWL para uma net com 3 células. Primeiramente, encontra-se a mínima área retangular que englobe o centro de todas as redes. O HPWL será o meio perímetro dessa área.

O principal objetivo deste texto é fornecer uma completa revisão dos problemas de posicionamento e roteamento no projeto de CIs, apresentando conceitos, definições e os principais algoritmos e metodologias empregados atualmente.

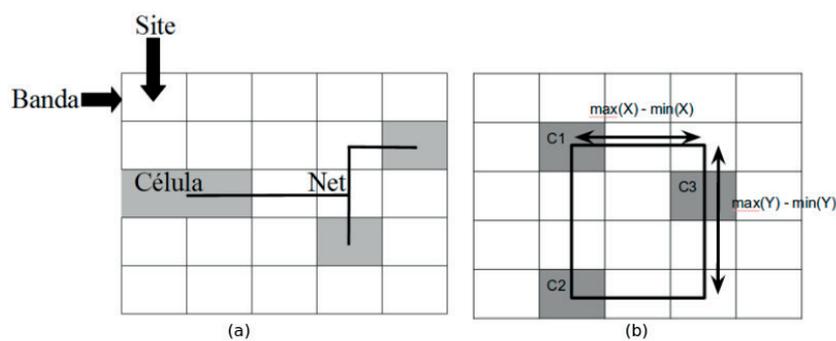


Figura 2. Representação gráfica de (a) banda, site, célula e net e (b) estimativa do comprimento das interconexões por HPWL.

2 | POSICIONAMENTO

O problema de encontrar uma posição válida para cada um dos componentes do circuito na área do chip pode ser formalmente definido representando o circuito por um hipergrafo $G = (E, V)$, onde o conjunto de arestas E representa os fios que conectam componentes do circuito e o conjunto de vértices V representa os componentes.

Objetivo: encontrar uma posição (X, Y) para cada componente, respeitando a restrição apresentada na Eq. 1:

$$(\vec{X}, \vec{Y}) \in [X_{min}, X_{max}] \times [Y_{min}, Y_{max}] \text{ Eq. (1)}$$

O posicionamento é um problema de otimização e NP-completo (HENTSCHKE, 2002). Nesta etapa, otimizar significa minimizar o valor de alguma variável do circuito. São exemplos de variáveis que se deseja minimizar: *wirelength*, atrasos, dissipação de potência e área. Algumas ferramentas modernas visam maximizar a roteabilidade do

circuito, deixando espaços vazios no chip para facilitar o acesso aos pinos de entrada e saída das células. A etapa de posicionamento tradicionalmente é composta por três etapas: posicionamento global, legalização e posicionamento detalhado.

Os algoritmos de posicionamento podem ser classificados em dois grupos de acordo com seus parâmetros de entrada:

- **Construtivos:** produzem um posicionamento apenas a partir da *netlist* do circuito. Posicionadores quadráticos podem ser considerados algoritmos construtivos.
- **Iterativos:** necessitam de um posicionamento inicial e realizam alterações iterativas em busca de uma solução melhor. Posicionadores que utilizam a meta-heurística *simulated annealing* são exemplos de algoritmos iterativos.

Outra maneira de classificar os algoritmos é de acordo com a saída produzida. Os algoritmos que para uma determinada configuração de entrada sempre produzem o mesmo resultado são chamados determinísticos. Os algoritmos que se baseiam em funções aleatórias e probabilidades e por isso podem produzir resultados diferentes para a mesma configuração de entrada são chamados de probabilísticos. Contudo, a maneira mais utilizada para classificar os algoritmos de posicionamento é de acordo com a sua natureza:

- **Algoritmos de particionamento:** utilizam heurísticas de particionamento para dividir o problema em instâncias menores e resolvê-las individualmente. Exemplo são técnicas de divisão e conquistas onde circuito é tratado como um hipergrafo e particionado recursivamente para facilitar a solução do problema.
- **Algoritmos estocásticos:** adotam algoritmos probabilísticos para encontrar uma solução viável mesmo reduzindo o domínio de busca.
- **Algoritmos analíticos:** representam o posicionamento através de uma função custo que se deseja otimizar.

2.1 Posicionamento Global

O objetivo do posicionamento global é realizar a distribuição das células pela área do chip enquanto otimiza a função custo. A etapa do posicionamento global tem grande impacto no resultado final em termos de qualidade e tempo de execução. Por este motivo, é alvo da maioria das pesquisas em posicionamento (WANG; CHANG; CHENG, 2009). As primeiras ferramentas de posicionamento se caracterizavam por utilizar técnicas de divisão-e-conquista. Nelas, o circuito era tratado como um hipergrafo e particionado recursivamente para facilitar a solução do problema. A meta-heurística *simulated annealing* (SA) (BROOKS; MORGAN, 1995; MARKOV; HU; KIM, 2012).

foi aplicada com sucesso ao problema do posicionamento, dominando as primeiras ferramentas comerciais e acadêmicas de posicionamento. Entretanto, este algoritmo é conhecido por ser lento quando o número de componentes é elevado. Isto se tornou um problema com o constante crescimento dos circuitos. Para lidar com isso, surgiram os posicionadores analíticos. As abordagens analíticas tratam o problema do posicionamento como um sistema de equações lineares originado de uma função custo que se deseja otimizar (MARKOV; HU; KIM, 2012).

2.1.1 *Simulated annealing*

O *simulated annealing* é uma técnica de otimização não determinística. Ele é inspirado no processo metalúrgico de fabricação dos metais. Neste processo a temperatura do metal é elevada até um valor no qual as moléculas estão tão agitadas que não obedecem a nenhuma organização. A próxima etapa consiste em resfriar o sistema lentamente. Isto permite que os átomos se arranjam de forma uniforme, diminuindo os defeitos do metal. Quando a temperatura assume valores baixos os átomos formam uma rede cristalina.

O Algoritmo 1 (HENTSCHKE, 2002) apresenta uma implementação do *simulated annealing* aplicado ao problema do posicionamento. É necessário conhecer três parâmetros: posicionamento inicial, temperatura inicial e número de perturbações. As principais funções são as de perturbação (linha 6), custo (linha 7) e *schedule* de temperatura (linha 12):

Função de perturbação: tem por objetivo alterar um posicionamento prévio. Estas alterações podem ser realizadas através de trocas aleatórias de posição, sejam trocas simples ou duplas. Na troca simples, sorteia-se uma célula e uma posição ainda não ocupada. Já na troca dupla, sorteiam-se duas células para trocarem de posição.

Função custo: calcula um valor numérico a fim de avaliar um posicionamento. As abordagens tradicionais estão relacionadas com a estimativa do comprimento total dos fios nas interconexões entre as células, atrasos, potência e congestionamento. A métrica mais utilizada é a estimativa do comprimento dos fios dada pelo HPWL.

Schedule de temperatura. O *schedule* de temperatura pode ser definido como uma função matemática decrescente que determina o comportamento da temperatura conforme a execução do algoritmo. Escolher um bom *schedule* de temperatura é de extrema importância para o SA obter bons resultados (LAM; DELOSME, 1988).

O algoritmo apresenta dois laços de repetição: o laço externo controlado pela variável temperatura (linhas 4-13) e o laço interno controlado pela variável *número_de_perturbações* (linhas 5-11). Em cada iteração do laço interno a solução é perturbada (linha 6). O próximo passo é avaliar essa troca através de uma função custo. As trocas que diminuem o custo sempre são aceitas enquanto as que aumentam estão sujeitas a expressão $e^{\frac{\Delta \text{custo}}{\text{temperatura}}}$ (linhas 8-14). Logo, a variável temperatura é responsável pela aceitação das trocas. Inicia-se temperatura com um valor alto visando a aceitação

de muitas trocas “ruins”. Este valor é reduzido ao longo da execução do algoritmo de acordo a função *schedule* (linha 12). Conforme a *temperatura* é reduzida, o algoritmo adquire um comportamento guloso. Desta maneira, o *simulated annealing* consegue obter bons resultados, evitando mínimos locais.

Algoritmo 1: Pseudocódigo do *Simulated Annealing*.

Entrada: posicionamento_inicial, temperatura_inicial,
 número_de_perturbações
Saída: pos

```

1 begin
2   temperatura ← temperatura_inicial;
3   pos ← posicionamento_inicial;
4   repeat
5     for  $i \leftarrow 0$  to número_de_perturbações do
6       novo_pos ← perturbação(pos);
7        $\Delta\text{custo} = \text{custo}(\text{novo\_pos}) - \text{custo}(\text{pos});$ 
8       if  $\Delta\text{custo} < 0$  then
9         pos = novo_pos;
10      else if  $\text{random}(0,1) > e^{\frac{\Delta\text{custo}}{\text{temperatura}}}$  then
11        pos = novo_pos;
12      temperatura ← schedule(temperatura);
13  until temperatura = 0;
  
```

2.1.2 Posicionamento analítico

O posicionamento analítico formula o custo do posicionamento como uma função matemática das posições das células do circuito e tenta otimizá-la através de técnicas analíticas. Dependendo da função modelada as técnicas são classificadas como quadráticas ou não-quadráticas. Técnicas quadráticas utilizam funções convexas que podem ser otimizadas resolvendo um conjunto de equações lineares. Em contrapartida, as não-quadráticas utilizam funções não lineares, por exemplo o modelo *log-sum-exp* de *wirelength* e a função de densidade *bell-shaped* (NAYLOR; DONELLY; SHA, 2001). Elas obtêm resultados tão bons quanto as quadráticas, porém são mais difíceis de implementar e pouco eficientes computacionalmente.

O HPWL é uma função convexa que não pode ser derivada, impedindo seu uso no posicionamento analítico. A solução é utilizar outros modelos que capturem o objetivo de redução dos fios. A técnica mais consolidada na literatura é o modelo de *wirelength* quadrático. O *wirelength* quadrático de um fio que liga dois componentes é dado pela Eq. II. Logo, o *wirelength* quadrático total do circuito é dado pela Eq. III, onde $c_{i,j}$ é um peso associado a cada conexão. Tradicionalmente o valor de $c_{i,j}$ para um fio que liga dois componentes é 1. Caso não haja conexão entre eles $c_{i,j}$ assume o valor 0. Este modelo é implementado em sua forma matricial, pela Eq. IV. Nesta

notação, x e y são os vetores que armazenam as posições das células, ou seja, são variáveis. Q é uma matriz obtida a partir da fórmula $Q = D - C$, onde D é uma matriz diagonal tal que $D_{i,i} = \sum_{j \in V} C_{i,j}$ e C é a matriz de conectividade do hipergrafo do circuito. Por fim, d_x e d_y são vetores que armazenam as conexões com componentes fixos na forma $d_{x_i} = -\sum_{j \in V_{fixos}} c_{i,j} x_j$. Para encontrar os valores de x e y que gerem o wirelength mínimo, conforme a Eq.V, L é derivado parcialmente com relação a x e y e o resultado é igualado a 0, gerando um conjunto de equações lineares para o eixo x e outro para o eixo y .

$$L_{i,j} = (x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 \quad \text{Eq. II}$$

$$L = \frac{1}{2} \sum_{1 \leq i < j \leq n} c_{i,j} [(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2] \quad \text{Eq. III}$$

$$L = \frac{1}{2} x^T Q x + d_x^T x + \frac{1}{2} y^T Q y + d_y^T y \quad \text{Eq. IV}$$

$$\frac{\partial L}{\partial x} = Q_x + d_x = 0 \quad (VI) \quad \frac{\partial L}{\partial y} = Q_y + d_y = 0 \quad \text{Eq. V}$$

A abordagem apresentada só trata conexões entre 2 elementos. Na prática, os fios que realizam as conexões do circuito podem conectar múltiplos pinos, como ilustrado na Figura 3 (a). Para se adequar ao modelo, estas conexões precisam ser decompostas. Existem diversas metodologias na literatura para realizar esta tarefa. A Figura 3 (b) mostra o modelo clique. Neste modelo a conexão original é substituída por um grafo completo, ou seja, todos são conectados com todos. Para manter o sistema balanceado, o peso das conexões no modelo clique é $c/(k-1)$ (VYGEN, 1997), onde c representa o peso da conexão original e k é o número de pinos. Uma alternativa é a modelo estrela, apresentado na Figura 3 (c). Neste modelo todos os pinos são conectados a um nodo adicional, chamado de estrela (VYGEN, 1997). O nodo estrela é adicionado ao sistema como se fosse uma célula do circuito.

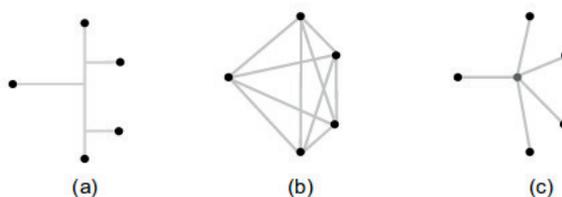


Figura 3. Representação para uma conexão com múltiplos pinos (a) através do modelo clique (b) e modelo estrela (c).

O trabalho de Viswanathan (VISWANATHAN; PAN; CHU, 2007) demonstra que os dois modelos são equivalentes desde que os pesos das conexões tenham sido atribuídos corretamente, e propõe um modelo híbrido (VISWANATHAN; PAN; CHU, 2007) que adota cliques para conexões com 3 pinos ou menos, e estrela para as demais. Devido ao uso de nodos estrela, o número de conexões para *benchmarks*

industriais diminuí em torno de 10 vezes em comparação ao modelo clique puro. Além disso, o uso do modelo clique para conexões com 2 ou 3 pinos evita que muitas variáveis adicionais sejam criadas pela inserção de nodos estrela. Estes dois fatores contribuem para otimizar a execução do posicionamento quadrático.

O modelo *Bound2Bound* (SPINDLER; JOHANNES, 2007) se destaca dentre os demais por representar precisamente o HPWL através do *wirelength* quadrático, permitindo que as ferramentas utilizem o HPWL como métrica de otimização; além de gerar um número de conexões menor que os demais, exceto para conexões com 4 pinos ou mais; e não introduz variáveis adicionais. Neste modelo, as conexões resultantes são realizadas apenas com os nodos extremos. Todas as conexões possuem peso $w = 2/(k-1)l$, onde l é a distância entre os pinos.

O posicionamento quadrático pode ser fisicamente interpretado como um sistema de molas onde os componentes do circuito são pontos adimensionais, as conexões entre eles são molas e os *pads* são pontos fixos. A Figura 4 mostra o resultado do posicionamento quadrático para um *benchmark* industrial com 12506 células e 246 *pads*. Devido ao fato desta formulação não considerar as dimensões dos componentes, o resultado geralmente possui muitas sobreposições principalmente na região central do *chip*. Por consequência o resultado do posicionamento quadrático não é uma solução viável. Uma alternativa para lidar com este problema é a adição de forças extras ao sistema chamadas de *spreading* ou *diffusion forces*. Estas forças têm como objetivo iterativamente deslocar as células de regiões mais densas para regiões menos densas. Neste caso, não se resolve apenas um sistema de equações lineares, mas quantos forem necessários até as células ficarem uniformemente distribuídas.

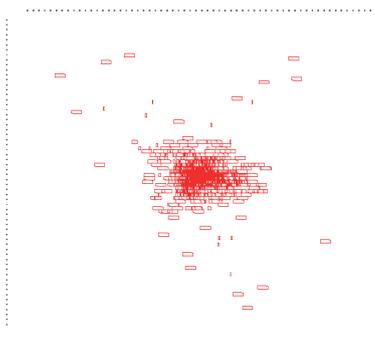


Figura 4. Resultado do posicionamento quadrático.

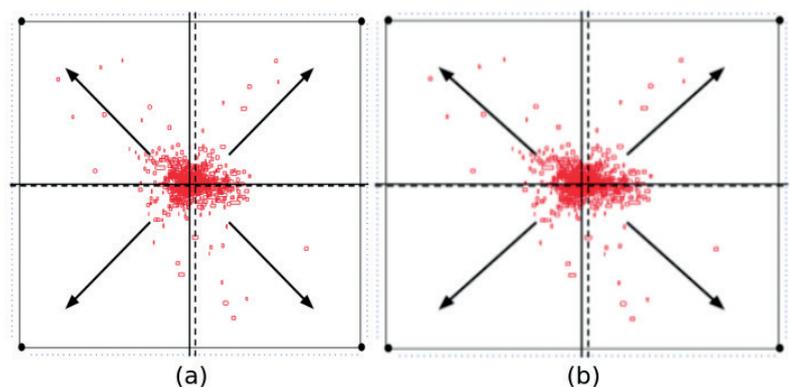


Figura 5. (a) Modelo 1 (linhas contínuas) e modelo 2 (linhas tracejadas) e (b) modelo 3 (linhas contínuas) e modelo 4 (linhas tracejadas).

2.1.3 Avaliação de metodologias de aplicação de *spreading forces*

Para demonstrar a influência do modelo de força de espalhamento adotado na

solução quadrática, vamos considerar quatro modelos de *spreading forces*. Em todos, as forças foram implementadas como pinos virtuais ligados as células. A Figura 5 (a) apresenta os dois primeiros modelos avaliados. Primeiramente, quatro pinos virtuais são colocados nos cantos do *chip*. A seguir, as células são divididas em quatro grupos, cada um deles conectado a um pino. A diferença entre os modelos está na forma de dividir os grupos. O modelo 1, representado por linhas contínuas, divide o circuito no centro físico do *chip*. O modelo 2, representado por linhas tracejadas, divide o circuito através do centro de massa do posicionamento. Nos modelos 3 e 4, ilustrados na Figura 5 (b), a posição dos pinos virtuais varia para cada célula. A posição do pino virtual é calculada com base em um ponto de origem e a posição da célula. No modelo 3 (linhas contínuas) o ponto de origem é o centro físico do *chip* enquanto que no modelo 4 (linhas tracejadas) é o centro de massa do posicionamento. A posição do pino virtual é determinada através de uma reta que parte do ponto de origem e se prolonga até a borda do *chip*. O pino é colocado no ponto de intersecção da reta com a borda.

Dois fluxos de execução foram aplicados nos quatro primeiros *benchmarks* da Tabela I. A Figura 6 mostra os passos executados neste trabalho. A etapa de inicialização gera uma solução inicial através do posicionamento quadrático. Este posicionamento serve como entrada para os dois fluxos de execução. No fluxo 1 a solução é legalizada gerando o *Posicionamento Final A*. No fluxo 2, as *spreading forces* são adicionadas e o posicionamento quadrático é refeito. Por fim, o posicionamento intermediário gerado nesta etapa é legalizado gerando o *Posicionamento Final B*. Em ambos os fluxos, a etapa de legalização foi realizada com a ferramenta PlaceUtil (PLACEUTIL, 2014).

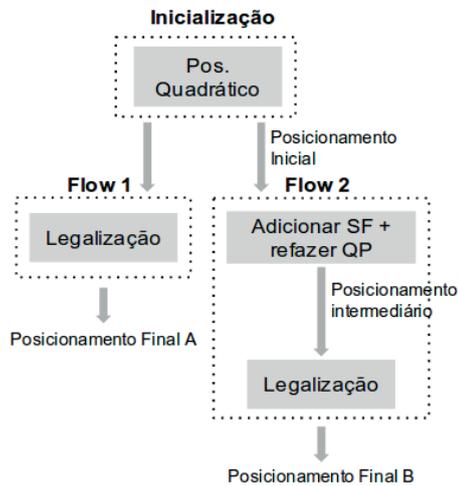


Figura 6. Etapa de inicialização e fluxos de execução

Circuito	Fluxo 1 - HPWL (E+06)	Fluxo 2 - HPWL (E+06)			
		Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
IBM01	12,0	5,1	5,3	6,0	5,9
IBM02	23,0	12,6	12,5	16,8	16,0
IBM03	31,0	14,5	14,0	14,4	12,8
IBM04	41,3	26,2	17,8	24,2	18,3

Tabela III. HPWL final para cada fluxo.

Circuito	Pos. Quadrático Inicialização (s)	Adicionar SF e refazer PQ (s)	Legalização Fluxo 1 (s)	Legalização Fluxo 2 (s)
IBM01	427,19	393,72	20,07	2,94
IBM02	1263,94	2716,02	43,33	5,79
IBM03	2069,17	2205,46	53,28	2,60
IBM04	3172,80	4735,24	64,71	8,24

Tabela IV. Tempo de execução para cada passo.

Circuito	Fluxo 1 (s)	Fluxo 2 (s)
IBM01	447,26	823,85
IBM02	1307,27	3985,75
IBM03	2122,45	4277,23
IBM04	3237,51	7916,28

Tabela V. Tempo de execução total para cada fluxo.

Todos os experimentos foram implementados utilizando a linguagem C++ e executados em um Intel Core i7-2670QM 2.20GHz com 6GB de memória. A Tabela III mostra uma comparação entre os dois fluxos de execução em termos de *wirelength*. O fluxo 2 foi executado com todos os modelos de *spreading forces* apresentados. Os resultados mostram que o fluxo 2 gera resultados em média 50% melhores, sendo que nenhum modelo se destacou dentre os demais. A outra análise compara os tempos de execução. Os resultados mostram que o tempo de execução do posicionamento quadrático dobra com o uso de *spreading forces*. A única exceção é o IBM02, no qual o tempo triplica. No entanto, o tempo de legalização reduz em 80%. A Tabela V compara o tempo de execução total para cada fluxo. É possível notar que o tempo de execução total é determinado pelo posicionamento quadrático, sendo desprezível o ganho no tempo de legalização.

2.1.4 Particionamento

O posicionamento por particionamento pode ser definido da seguinte maneira: dado um circuito e uma área de *chip*, cada célula é atribuída a uma região específica no espaço disponível para posicionamento. A Figura 7 ilustra o funcionamento de uma ferramenta de posicionamento por particionamento. Primeiramente, o circuito é dividido em dois subcircuitos. Da mesma maneira, a área física do *chip* é separada em 2 partes, chamadas de regiões, uma para cada subcircuito (Figura 7 (b)). A divisão é realizada pensando que cada região deve possuir um espaço disponível maior que a área total

das células do seu subcircuito. Esta operação é repetida recursivamente até que a quantidade de células em cada região seja suficientemente pequena (Figura 7(c)). A divisão do circuito em subcircuitos é tratada como um problema de particionamento de hipergrafos. Neste caso, as células são tratadas como vértices e as conexões como arestas. O problema do particionamento de hipergrafos consiste em agrupar os vértices em n grupos minimizando o número de conexões entre eles.

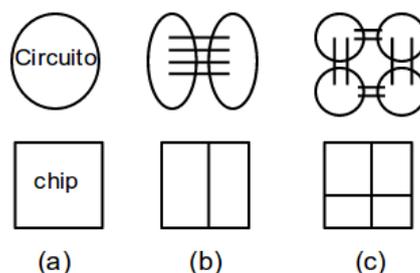


Figura 7. Ilustração do funcionamento de uma ferramenta de particionamento.

O Fiduccia-Mattheyses (FIDUCCIA; MATTHEYSES, 1982) é uma heurística clássica para particionamento. O Algoritmo II apresenta o pseudocódigo do Fiduccia-Mattheyses para o particionamento em 2 grupos. A entrada é um particionamento inicial, geralmente aleatório. Os passos 3-10 são chamados de “passe”. Dentro de cada passe, o algoritmo computa o vértice de maior ganho (linha 5). O ganho de um vértice é dado pelo número de arestas que cruzam os grupos menos o número de arestas que cruzarão os grupos caso o vértice troque de grupo.

A Figura 8 (a) ilustra um grafo particionado em 2 grupos. O número de conexões que cruzam os grupos é igual a 3. Caso o vértice e mude de grupo, o número de conexões que cruzam os grupos será 2 (Figura 8 (b)). Neste caso, diz-se que o ganho de $g(v_i) = 3 - 2 = 1$. Uma vez que o vértice de maior ganho tenha sido encontrado, ele troca de grupo e é travado, ou seja, não é considerado até o próximo “passe”. O ganho desta troca é armazenado (linhas 6-8). Esta operação é repetida n vezes, onde n é o número de vértices. No fim de cada passe, é encontrada a sequencia de k trocas que maximizem o custo total (linha 9). Os k movimentos são mantidos e os demais desfeitos (linha 10). O Fiduccia-Mattheyses se torna ineficiente para hipergrafos muito grandes. Uma solução é utilizar abordagens hierárquicas. Estas abordagens são compostas por três etapas: etapa de engrossamento, particionamento inicial e etapa de refinamento. Na etapa de brutalização, hipergrafos menores são gerados através do agrupamento de vértices com muitas ligações entre si. Na etapa de particionamento inicial, uma heurística é utilizada para criar grupos iniciais com base no hipergrafo agrupado. Por fim, na etapa de refinamento os agrupamentos são desfeitos e a heurísticas de particionamento são utilizadas para melhorar a solução. O *hMetis* (KARYPIS et al., 1999) é um algoritmo rápido e que gera bons resultados utilizando a estratégia descrita.

Algoritmo 2: Pseudocódigo do *Fiduccia-Mattheyses*.

Entrada: Particionamento inicial

```
1 begin
2   repeat
3     Destruir todos os vértices;
4     for  $i \leftarrow 0$  to  $|V|$  do
5       Selecionar o vértice  $v_i$  ainda não travado com
        o ganho máximo;
6        $g_i \leftarrow g(v_i)$ ;
7       Mover o vértice  $v_i$  para o outro grupo;
8       Travar o vértice  $v_i$ ;
9     Encontrar  $k$  tal que  $G = \sum_{i=1}^k g_i$ 
10    Tornar os movimentos  $v_1, \dots, v_k$  permanentes e
        desfazer os movimentos  $v_{k+1}, \dots, v_n$ ;
11  until  $G = 0$ ;
```

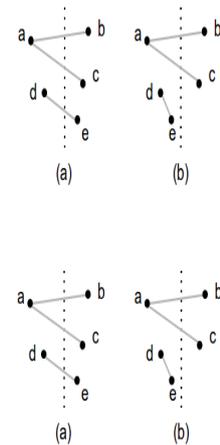


Figura 8. Grafo particionado em 2 grupos.

2.2 LEGALIZAÇÃO E POSICIONAMENTO DETALHADO

A etapa da legalização recebe como entrada o posicionamento global e tem como objetivo retirar todas as sobreposições alterando solução inicial o mínimo possível. O posicionamento detalhado é a última etapa do fluxo. Esta etapa divide o *chip* em regiões pequenas visando melhorar a solução através de trocas locais. Estas trocas podem ter vários objetivos, por exemplo 1) diminuir o impacto da legalização, em termos de *wirelength*; 2) compensar por imprecisões da função custo adotada no posicionamento global; 3) adicionar novas métricas a função custo, melhorando a solução em termos de roteabilidade, *timing* e/ou dissipação de potência.

O Tetris (HILL, 2002) é um algoritmo clássico de legalização. Primeiramente ele ordena as células de acordo com sua coordenada x em ordem crescente. A seguir, as células são posicionadas individualmente respeitando essa ordenação. Para cada célula, o algoritmo percorre todos os sites de todas as bandas procurando a posição livre no qual o deslocamento da célula é mínimo. É um algoritmo heurístico guloso e, por isso, seu resultado impacta consideravelmente o posicionamento global. O Abacus (SPINDLER; SCHLICHTMANN; JOHANNES, 2008) pode ser visto como uma evolução do Tetris. Ele busca a posição de deslocamento mínimo da célula em cada banda utilizando programação dinâmica, reduzindo em média 30% o movimento das células, com um impacto de apenas 7% no tempo de execução.

Após legalizada, a solução passa para o posicionamento detalhado. O *simulated annealing* é um algoritmo que pode ser adotado para o posicionamento detalhado desde que a função de perturbação não viole a legalidade do circuito. Embora produza bons resultados, ele não costuma ser adotado devido ao tempo de execução elevado. Uma alternativa é a aplicação de técnicas de *branch-and-bound* (BREUER, 1977;

CALDWELL; KAHNG; MARKOV, 1999) que definem janelas de células vizinhas e as reordenam para achar a melhor combinação.

3 | ROTEAMENTO

A etapa de roteamento recebe como entrada o posicionamento, a *netlist* do circuito e tem como objetivo traçar as rotas que os sinais percorrerão. Algoritmos de roteamento visam reduzir métricas como o comprimento dos fios, atrasos de propagação e eletromigração.

Circuitos integrados modernos podem conter centenas de milhões de *redes*(*redes*) a serem roteadas. Para lidar com a complexidade destes circuitos, a etapa de roteamento é dividida em roteamento global e detalhado. O roteamento global divide o *chip* em uma grade composta por regiões de tamanho regular e determina por quais regiões os fios de cada *net* irão passar. O resultado do roteamento global serve como guia para o roteamento detalhado, que tem por objetivo determinar traçar as interconexões através de fios de metal e vias, seguindo ao máximo os guias do roteamento global. A Figura 9 (a) ilustra um posicionamento, onde os retângulos são células posicionadas e os círculos são os pinos das células. As linhas tracejadas na Figura 9 (b) ilustram os guias do roteamento global. Na Figura 9 (c), o roteamento detalhado é desenhado em linhas contínuas.

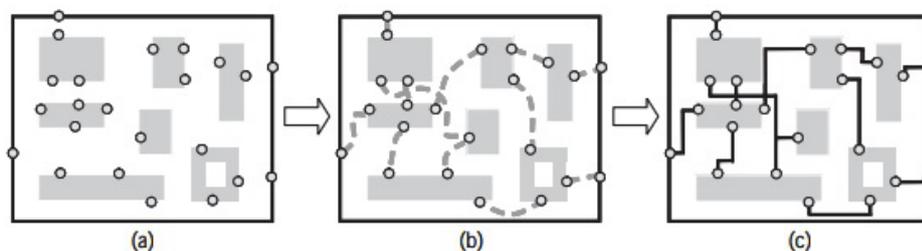


Figura 9. O problema de roteamento, (a) Resultado recebido de um posicionamento, (b) roteamento global e (c) roteamento detalhado. Retirado de (WANG; CHANG; CHENG, 2009).

De acordo com Johann (JOHANN, 2001), podemos classificar os algoritmos de roteamento em três grupos:

- **Sequenciais:** ordenam as conexões levando em consideração métricas e realizam as conexões uma a uma;
- **Paralelos ou concorrentes:** consideram todas as conexões ao mesmo tempo;
- **Iterativos:** solucionam e depois refazem a solução levando em consideração informações obtidas a cada interação até obter a melhor ou mais próximo da melhor solução.

O maior problema da abordagem sequencial é o critério de ordenação das *redes*. Quando uma ordem é pré-estabelecida, caso bloqueios sejam estabelecidos nas redes iniciais, torna-se mais difícil efetuar o roteamento das *redes* posteriores. Outro problema da abordagem sequencial é que caso uma solução não tenha sido encontrada, não é possível saber ao certo se o motivo foi o de não existir uma solução ou se a ordenação das *redes* foi ruim, além disto, caso uma solução seja encontrada, não sabemos ao certo o quão longe da solução ótima podemos estar (WANG; CHANG; CHENG, 2009). Para estabelecer a ordem com a qual as *redes* ficarão ordenadas, normalmente leva-se em consideração métricas como número de terminais e sua criticidade.

Ao contrário da abordagem sequencial, a abordagem concorrente consegue responder se há uma solução, e o quão perto da solução ótima estamos. Uma possível formulação para o problema do roteamento global utilizando abordagem concorrente é com a formulação do problema como programação linear inteira. O problema de buscar uma solução utilizando esta técnica é que a programação linear inteira é um problema NP-completo, e o tempo gasto ao procurar uma solução limita o tamanho do problema. Dito isto, outras técnicas são utilizadas para encontrar uma solução, tais como relaxar o problema para torná-lo em um problema de programação linear, pois estes podem ser resolvidos em tempo polinomial.

3.1 Roteamento Global

O roteamento global é normalmente formulado como um problema de grafos, e resolvido com algoritmos aplicáveis em grafos. Formula-se o problema como um grafo G , com um conjunto de vértices V e um conjunto de arestas E , onde cada vértice $vi \in V$ corresponde à uma região retangular ou célula do *chip*, e cada aresta $aij \in E$ corresponde à uma fronteira entre os vértices adjacentes. Além disto, existe um conjunto de *redes* N , no qual cada *net* $ni \in E$ é composta por um conjunto de pinos pi , com cada um destes pinos correspondendo à um vértice vi (MOFFITT; ROY; MARKOV, 2008). A Figura 10 apresenta um circuito dividido em *Global bins* (retângulos no *chip*), os *edges* (arestas) que ficam entre os *global bins* e as células dentro dos *global bins* (a), e o grafo correspondente (b).

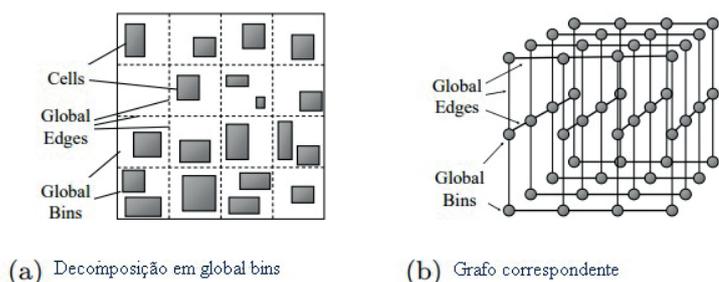


Figura 10. Decomposição do *chip* em *global bins*, e o grafo correspondente que formula o problema do roteamento global, adaptado de (MOFFITT; ROY; MARKOV, 2008).

Um roteador global pode normalmente ser dividido em três etapas:

- 1. Definição das regiões:** Todo o espaço de roteamento é dividido em regiões de roteamento. Isto inclui espaço entre os blocos e em cima dos blocos. Entre os blocos existem dois tipos de regiões de roteamento: de canal e *2D-switchboxes*, e acima dos blocos, onde todo o espaço de roteamento é livre, particionando este espaço também em regiões menores chamadas *3D-switchboxes*. Para cada região definida é atribuída uma capacidade, que é a quantidade de *redes* que poderão passar por esta região;
- 2. Assinalamento das regiões:** nesta etapa, são identificadas as sequencias das regiões por onde uma rede irá passar (ser roteada). O congestionamento de cada região deve ser levado em consideração;
- 3. Assinalamento dos pinos:** Depois de concluído o assinalamento das regiões, é assinalado um pino nas fronteiras de cada região, o que permite que as regiões sejam independentes durante o processo de roteamento.

3.1.1 MAZE ROUTING

O primeiro algoritmo de busca de caminho entre dois pontos apresentado e publicado foi o *Lee's algorithm*, apresentado em (LEE, 1961). É, possivelmente, o algoritmo mais utilizado para encontrar um caminho entre dois pontos. A técnica utilizada neste algoritmo é pesquisa em largura (BFS). Algoritmos baseados em busca em labirinto utilizam força bruta. Nesta abordagem, são procurados os menores caminhos entre os dois pontos origem e destino, onde são aplicadas duas fases para a busca deste caminho, a dissipação seguida da retração, onde “ondas” são propagadas partindo do nodo origem até encontrarem o nodo destino. Quando o nodo destino é encontrado, acontece então a fase de retração, onde o menor caminho é retornado do nodo destino até o nodo origem. A Figura 11 (a) ilustra as duas fases de propagação e retração, os nodos foram expandidos até atingir a distância 8, e então foi traçado o caminho entre eles (WANG; CHANG; CHENG, 2009).

O algoritmo de Lee também é chamado de **busca cega**, pois ele procura pela rota sem prioridades. Ele garante encontrar um caminho se ele existir, porém possui limitações, tais como a grande demanda de tempo para encontrar uma solução final e a quantidade de memória utilizada no processo. A complexidade de tempo e espaço deste algoritmo é $O(mn)$, onde m e n são os números das células horizontais e verticais da grade.

3.1.2 A*

O algoritmo A* foi proposto por (HART; NILSSON; RAPHAEL, 1968). Ele é um

algoritmo de pesquisa em grafos que utiliza uma pesquisa heurística, significando que faz o uso de informações adicionais para tentar descobrir quais os nodos podem levar à uma melhor solução final, e em um tempo otimizado. Também é chamado de **primeiro melhor caminho**, pois a cada interação ele escolhe as rotas que indicam ser o melhor caminho do nodo origem até o nodo destino. A complexidade de tempo e espaço deste algoritmo depende da heurística aplicada.

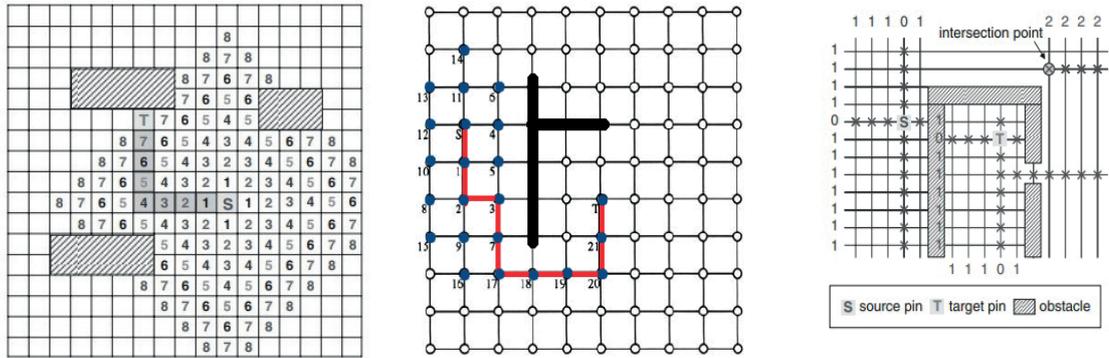
Para isto, o algoritmo utiliza a função $f(x)=g(x)+b(x)$, onde $g(x)$ é o custo do nodo origem até o nodo atual x enquanto percorrendo o caminho, e $b(x)$ é a o custo estimado do nodo atual x até o nodo destino sendo a informação de $b(x)$ cedida juntamente com o grafo onde a solução será trabalhada, é definida uma função $f(x)$ para cada nodo x gerado no caminho. Desta forma, o algoritmo seleciona sempre o nodo com o melhor custo estimado para se propagar, quanto menor o $f(x)$, maior as chances de propagação. O algoritmo A* também pode ser classificado como um algoritmo *maze routing*, porém ele utiliza técnicas diferentes para atingir o objetivo do roteamento. A Figura 11 (b) ilustra o algoritmo A*, onde os pontos azuis são a propagação a partir do nodo origem, a linha preta grossa indica um obstáculo, e a linha vermelha é o caminho traçado após o encontro dos nodos (SHERWANI, 2012).

3.1.3 LINE-SEARCH

Os algoritmos baseados em geometria traçam rotas de uma fonte até um destino, basicamente estes algoritmos percorrem linhas e caso encontrem obstáculos procuram uma saída alternativa e traçam novas linhas até que a linha do nodo origem encontre a linha do nodo destino, traçando assim uma rota a partir do ponto de encontro entre os dois nodos.

A partir dos nodos origem e destino são criados quatro segmentos, dois verticais e dois horizontais, passando pelos nodos que são tidos como nodos base inicialmente. Os segmentos então são expandidos até que encontrem obstáculos ou os limites dos caminhos no espaço utilizado para a solução. Então, cada ponto criado no caminho dos segmentos é interativamente apontado como ponto base, e é gerado um novo segmento através de cada um dos novos pontos base. Isto acontece até que um segmento gerado pelo nodo origem se encontre com um segmento gerado pelo nodo destino. Neste momento, uma conexão é encontrada a partir da intersecção dos dois segmentos. A Figura 11 (c) ilustra o algoritmo *line-search* de (MIKAMI, 1968), onde os nodos se expandem em linhas retas até encontrar obstáculos (WANG; CHANG; CHENG, 2009).

Assim como o algoritmo de Lee, o *line-search* garante encontrar um caminho entre os pontos se ele existir e é melhor se comparados os tempos de execução e memória utilizada, possuindo complexidade de tempo e espaço $O(L)$, onde L é o número de segmento de linhas gerado pelo algoritmo. Como limitações para este algoritmo, o caminho encontrado pode não ser o mais curto ou melhor possível na solução.



A. Maze Router B. A*-search C. Line Search:
Figura 11. Algoritmos clássicos de roteamento global. (a) Maze Router (b) A*-search, (c) *line-search*

3.1.4 TÉCNICAS DE ROTEAMENTO GLOBAL

Roteamento de formas padrão: Realiza o roteamento de dois pinos em padrões pré-definidos, como em formato de “Z” e “L”. Este método é mais rápido e eficiente se comparado com *maze routing*. Porém, a solução pode não ser ideal se todas as rotas para os dois pinos não forem consideradas (UDGIRKAR; INDUMATHI, 2016). A solução ótima do caminho escolhido não é atingida somente com o uso deste algoritmo. Por este motivo, normalmente são utilizados outros algoritmos em conjunto.

Roteamento Monotônico: O roteamento monotônico é empregado em redes de dois pinos, e consiste em expandir do nodo origem sempre em direção ao nodo destino, esta técnica pode ser vista também como uma forma melhorada de *maze routing*, onde a partir da expansão do campo de busca na grade somente dentro do campo entre os dois pontos é possível reduzir o espaço de busca (PAN; CHU, 2007).

Rip-up and Re-route: É uma técnica que faz melhorias na solução inicial gerada de forma iterativa. Em resumo, os roteadores globais modernos normalmente consistem em dois maiores passos: um roteamento inicial de todas as redes, com pouco ou nenhum esforço para minimizar o congestionamento, onde é gerado um mapa de congestionamento das redes. O segundo passo é um processo de desfazer e re-rotear, onde o congestionamento é minimizado iterativamente, desfazendo e re-roteando cada rede que passa pelas regiões mais congestionadas, neste processo as redes que passam por estas regiões são desfeitas e re-roteadas até que haja pouco ou nenhum congestionamento no resultado (SIDDIQI; SAIT, 2017). A qualidade da solução gerada com a utilização deste método depende de como as redes foram ordenadas para o processamento do roteamento.

Roteamento Multi-sink Multi-source: Um algoritmo de *maze routing* tradicional começa a procurar os caminhos levando em consideração a origem inicial dos pinos origem e destino de uma rede. O algoritmo *multi-sink multi-source* pode ser visto como uma melhoria realizada no *maze routing* original, neste algoritmo as redes multi-pinos são divididas em duas sub-árvores, então, todos os pontos da primeira árvore são tratados como nodos de origem, e todos os pontos da segunda árvore são tratados como pontos de destino, permitindo desta forma que ocorra uma conexão entre os pinos da rede diminuindo o comprimento de fio. Este algoritmo possui o problema

de quando as redes multi-pinos possuírem muitos nodos, aumentar a quantidade de tempo para identificar todos os pontos da grade nas sub-árvores (CHANG; LEE; WANG, 2008).

3.2 ROTEAMENTO DETALHADO

Depois de uma rota genérica ser determinada para cada rede durante o roteamento global, o próximo passo é a execução do roteamento detalhado para encontrar as rotas exatas para todas as redes (OZDAL, 2009). Dada uma solução de roteamento global, o roteamento detalhado decide as conexões físicas exatas das redes, incluindo as camadas e conexões entre as mesmas utilizando as vias. O roteador detalhado é encarregado de especificar as rotas de cada conexão, incluindo os seus materiais, furos, posições e dimensões (JOHANN, 2001).

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente as técnicas analíticas dominam as ferramentas estado da arte de posicionamento por terem a capacidade de tratar grandes circuitos de forma eficiente. Inicialmente as ferramentas de posicionamento minimizavam somente o comprimento total dos fios (*wirelength*) utilizados para realizar as interconexões entre as células. São os chamados *wirelength-driven placement*. De fato, ainda hoje a maioria dos algoritmos prioriza essa métrica de avaliação. Recentemente, outras métricas ganharam destaque, com o objetivo de melhorar a qualidade das soluções. Minimizar o comprimento dos fios pode gerar áreas muito congestionadas, dificultando a etapa de roteamento e afetando sua qualidade. Pensando nisso, os *routability-driven placement* (LI et al., 2007; SPINDLER; JOHANNES, 2007b; YANG; CHOI; SARRAFZADEH, 2003) reservam espaços vazios em suas soluções para a passagem de fios. Por muito tempo, considerou-se que minimizar o comprimento dos fios indiretamente melhorava o circuito com relação a tempos de propagação. No entanto, isto nem sempre é verdade. Por isto, existem as ferramentas de *timing-driven placement* (HAMADA; CHENG; CHAU, 1993; MARQUARDT; BETZ; ROSE, 2000), para reduzir conexões muito grandes.

Soluções atuais de ferramentas de roteamento adotam as técnicas apresentadas de forma integrada, como o roteador global NTHU-router (CHANG; LEE; WANG, 2008) (LEE; CHANG; WANG, 2010) que aplica *rip-up and reroute* iterativamente, em conjunto com outras técnicas. Outras soluções evitam o uso de *maze routing* em excesso, como o *FastRoute* (PAN; CHU, 2007). Diferente da maioria dos roteadores que fazem o uso da arquitetura Manhattan, o que significa realizar conexão de fios somente na vertical e horizontal, algumas soluções como o *XGRouter* faz o uso da arquitetura X. A arquitetura X é uma arquitetura de fiação baseada no uso difusivo de fios diagonais. De acordo com (LIU, G.; GUO, W.; LI, R.; NIU, Y.; CHEN, G., 2015), a

arquitetura X é totalmente suportada por quase todas tecnologias de produção atuais.

REFERÊNCIAS

BROOKS, S.; MORGAN, B. **Optimization using simulated annealing**. The Statistician, JSTOR, p. 241–257, 1995.

BREUER, M. A. **A class of min-cut placement algorithms**. In: Proceedings of DAC. Piscataway, EUA: IEEE Press, 1977. (DAC '77), p.284–290.

CALDWELL, A. E.; KAHNG, A. B.; MARKOV, I. L. **Optimal partitioners and end-case placers for standard-cell layout**. In: Proceedings of ISPD. Nova Iorque, EUA: ACM, 1999. (ISPD '99), p. 90–96.

CHANG, Y.-J.; LEE, Y.-T.; WANG, T.-C. **NTHU-Route 2.0: a fast and stable global router**. In: Proceedings of ICCAD, 2008. [S.l.: s.n.], 2008. p.338–343.

HART, P. E.; NILSSON, N. J.; RAPHAEL, B. **A formal basis for the heuristic determination of minimum cost paths**. IEEE transactions on Systems Science and Cybernetics, [S.l.], v.4, n.2, p.100–107, 1968.

FIDUCCIA, C. M.; MATTHEYSES, R. M. A linear-time heuristic for improving network partitions. In: Proceedings of DAC. [S.l.], 1982. p. 175–181.

HAMADA, T.; CHENG, C.-K.; CHAU, P. M. Prime: a timing-driven placement tool using a piecewise linear resistive network approach. In: Proceedings of DAC. [S.l.], 1993. p. 531–536.

HENTSCHKE, R. F. Algoritmos para o Posicionamento de Células em Circuitos VLSI. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) — Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS, Brasil, 2002.

HILL, D. **Method and system for high speed detailed placement of cells within an integrated circuit design**. 2002. US Patent 6,370,673.

JOHANN, M. **Novos Algoritmos para Roteamento de Circuitos VLSI. Tese (Doutorado em Ciência da Computação)** - Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS, Brasil, 2001.

KARYPIS, G. et al. **Multilevel hypergraph partitioning: applications in VLSI domain**. Transactions on VLSI, v. 7, n. 1, p. 69–79, 1999.

KIM, M.-C. et al. **Maple: Multilevel adaptive placement for mixed-size designs**. In: Proceedings of ISPD. New York, NY, USA: ACM, 2012. (ISPD '12), p. 193–200.

LAM, J.; DELOSME, J.-M. Performance of a new annealing schedule. In: IEEE COMPUTER SOCIETY PRESS. Proceedings of DAC. [S.l.], 1988. p. 306–311.

LEE, C. Y. **An algorithm for path connections and its applications**. IRE transactions on electronic computers, [S.l.], n.3, p.346–365, 1961.

LEE, Y.-T.; CHANG, Y.-J.; WANG, T.-C. **A temperature-aware global router**. In: Proceedings of VLSI-DAT. [S.l.: s.n.], 2010. p.279–282.

LI, C. et al. **Routability-driven placement and white space allocation**. Transactions on CAD, IEEE, v. 26, n. 5, p. 858–871, 2007.

- LIU, G.; GUO, W.; LI, R.; NIU, Y.; CHEN, G. **XGRouter: high-quality global router in X-architecture with particle swarm optimization**. *Frontiers of Computer Science*, [S.l.], v.9, n.4, p.576–594, 2015.
- MARQUARDT, A.; BETZ, V.; ROSE, J. **Timing-driven placement for FPGAs**. In: ACM. Proceedings of FPGA. [S.l.], 2000. p. 203–213.
- MIKAMI, K. **A computer program for optimal routing of printed circuit conductors**. IFIP cong.'68, 1968, [S.l.], 1968.
- MOFFITT, M. D.; ROY, J. A.; MARKOV, I. L. **The coming of age of (academic) global routing**. In: Proceedings of ISPD. [S.l.: s.n.], 2008. p.148– 155
- NAYLOR, W. C.; DONELLY, R.; SHA, L. **Non-linear optimization system and method for wire length and delay optimization for an automatic electric circuit placer**. [S.l.]: Google Patents, 2001. US Patent 6,301,693.
- OZDAL, M. M. **Detailed-routing algorithms for dense pin clusters in integrated circuits**. *Transactions on CAD*, [S.l.], v.28, n.3, p.340–349, 2009
- PAN, M.; CHU, C. **FastRoute 2.0: A high-quality and efficient global router**. In: Proceedings of ASP-DAC. [S.l.: s.n.], 2007. p.250–255.
- PLACEUTIL. **Executable Placement Utilities**. 2014. Disponível em: <<http://vlsicad-.eecs.umich.edu/BK/PlaceUtils/>>. Acesso em: 27.12.2014.
- REIS, R. A. d. L. **Concepção de circuitos integrados**. 1a. ed. Porto Alegre, Brasil: Instituto de Informática da UFRGS. Editora Sagra Luzzatto, 2000.
- SHERWANI, N. A. **Algorithms for VLSI physical design automation**. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2012.
- ROY, J. A. et al. **Capo: Robust and scalable open-source min-cut floorplacer**. In: Proceedings of ISPD. Nova Iorque, EUA: ACM, 2005. (ISPD '05), p. 224–226.
- SECHEN, C.; SANGIOVANNI-VINCENTELLI, A. **The timberwolf placement and routing package**. *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, v. 20, n. 2, p. 510–522, 1985.
- SIDDIQI, U. F.; SAIT, S. M. **A game theory based post-processing method to enhance VLSI global routers**. *IEEE Access*, [S.l.], v.5, p.1328–1339, 2017.
- SPINDLER, P.; JOHANNES, F. **Kraftwerk: A fast and robust quadratic placer using an exact linear net model**. In: NAM, G.-J.; CONG, J. (Ed.). *Modern Circuit Placement*. [S.l.]: Springer US, 2007, (Series on Integrated Circuits and Systems). p. 59–93.
- SPINDLER, P.; JOHANNES, F. M. **Fast and accurate routing demand estimation for efficient routability-driven placement**. In: Proceedings of DATE. [S.l.], 2007. p. 1226–1231.
- SPINDLER, P.; SCHLICHTMANN, U.; JOHANNES, F. M. **Abacus: Fast legalization of standard cell circuits with minimal movement**. In: Proceedings of ISPD. Nova Iorque, EUA: ACM, 2008. (ISPD '08), p. 47–53.
- UDGIRKAR, G.; INDUMATHI, G. **VLSI global routing algorithms: A survey**. In: Proceedings of INDIACOM. [S.l.: s.n.], 2016. p.2528–2533.
- VYGEN, J. **Algorithms for large-scale flat placement**. In: ACM. Proceedings of DAC. [S.l.], 1997. p. 746–751.

VISWANATHAN, N.; PAN, M.; CHU, C. **Fastplace 3.0: A fast multilevel quadratic placement algorithm with placement congestion control**. In: Proceedings of ASP-DAC. Washington, EUA: IEEE Computer Society, 2007. (ASP-DAC '07), p. 135–140.

WANG, L.-T.; CHANG, Y.-W.; CHENG, K.-T. T. **Electronic design automation: synthesis, verification, and test**. [S.l.]: Morgan Kaufmann, 2009.

YANG, X.; CHOI, B.-K.; SARRAFZADEH, M. Routability-driven white space allocation for fixed-die standard-cell placement. Transactions on CAD, v. 22, n. 4, p. 410–419, 2003.

UMA IMPLEMENTAÇÃO DE CONTROLADOR DE ACESSOS DE BAIXO CUSTO UTILIZANDO CARTÕES RFID

Wagner Loch

Universidade Federal de Pelotas

Pelotas – Rio Grande do Sul

Rafael Iankowski Soares

Universidade Federal de Pelotas

Pelotas – Rio Grande do Sul

RESUMO: O presente artigo apresenta uma proposta genérica de um controlador de acessos de baixo custo utilizando cartões RFID, podendo ser utilizado em diversas aplicações. Também é proposto uma solução básica e eficiente para lidar com a clonagem de etiquetas RFIDs.

PALAVRAS-CHAVE: RFID, Controle de Acesso, Arduino.

ABSTRACT: This article presents a generic proposal for a low cost access controller using RFID cards, which can be used in several applications. It is also proposed a basic and efficient solution to handle the cloning of RFID tags.

KEYWORDS: RFID, Access Control, Arduino.

1 | INTRODUÇÃO

Com um enorme tráfego de pessoas, seja em eventos, shows, palestras ou até mesmo em

aulas, surge a necessidade de controlar o acesso de seus frequentadores, tanto por motivos de segurança quanto para controle de seus organizadores. Para cada aplicação, existem diferentes tipos de produtos que atendem essa necessidade. Muitas vezes a solução para cada problema possui um alto custo financeiro e precisa ser desenvolvida especificamente para aquele tipo de solução. Por exemplo, a catraca de um ônibus é controlada por um dispositivo leitor de cartões ou por um cobrador, que libera ou impede a passagem de pessoas. Já numa casa de shows, existem pessoas responsáveis pelo recolhimento do ingresso, verificando no ato sua autenticidade.

Utilizando a tecnologia de identificação por radiofrequência ou RFID (do inglês “Radio-Frequency Identification”), que é um método de identificação automática utilizando sinais de rádio através de etiquetas ou cartões de uso pessoal, é possível realizar a identificação e controle de acesso de pessoas ou objetos a lugares restritos, nos mais variados tipos de aplicações. Esta tecnologia pode vir a dispensar o uso de funcionários dedicados a identificar e permitir o acesso de pessoas, por exemplo. “A maior vantagem das etiquetas RFID são o seu pequeno custo e reduzido tamanho (VERMA; TRIPATHI, 2010)”.

Entretanto, assim como em todos os sistemas de identificação pessoal, existem usuários mal intencionados visando encontrar falhas nos sistemas a fim de obter vantagens ilícitas. Neste caso, as questões de segurança também são uma preocupação na implementação do sistema. De acordo com a literatura, o principal problema com as etiquetas RFID são as clonagens que podem ser facilmente realizadas (ZANETTI; FELLMANN; CAPKUN 2010).

Neste trabalho é proposto um sistema de identificação e controle de acesso utilizando tecnologia RFID apresentando uma solução de baixo custo tanto em hardware quanto em software a fim de gerar um produto genérico que pode ser utilizado para controle de acesso em diversas aplicações. O produto obtido além de ter um custo reduzido comparado a outros semelhantes disponíveis no mercado propõe uma solução básica e eficiente para lidar com a clonagem de etiquetas RFIDs baseada na proposta de Zanetti, Fellmann e Capkun.

2 | METODOLOGIA

O diagrama exibido na Figura 1 demonstra basicamente o funcionamento do sistema proposto. As etiquetas RFID devem ser aproximadas do leitor para que sejam lidas e suas informações enviadas a um microcontrolador, neste exemplo um microcontrolador ATMEGA328 presente na plataforma Arduino UNO. O microcontrolador transmite as informações para um servidor remoto. Neste servidor as informações são processadas de acordo com a aplicação desejada pelo cliente, como por exemplo o controle de frequência de alunos em uma sala de aula.

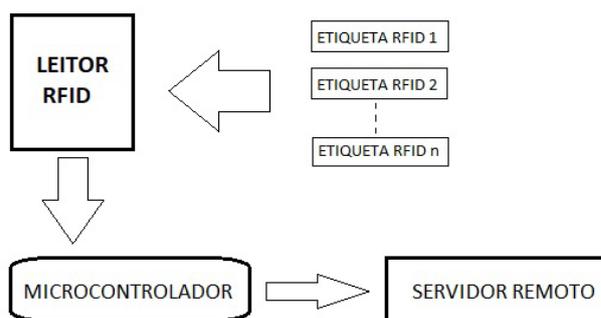


Figura 1: Diagrama do sistema

Inicialmente são propostos experimentos a fim de dominar a tecnologia utilizada no projeto. Com este propósito são realizados experimentos como leitura das etiquetas RFID, extração de informações e verificação de registro de dados. Além disso, são realizados experimentos com os módulos de comunicação para transmissão das informações a um servidor remoto. Esse servidor será responsável por tratar todas as informações lidas e deve ser específico para cada funcionalidade, por exemplo, para o

controle de presença em um show, o servidor será diferente do controle de frequência de uma escola, pois cada um tem uma necessidade específica.

O sistema aqui desenvolvido pode ser acoplado com o Sistema Integrado de Gestão Cobalto da Universidade Federal de Pelotas (UFPel) para realizar o controle de frequência dos alunos. O sistema proposto é composto pelos itens especificados na Tabela 1 integrados a um servidor remoto por meio de uma interface da aplicação (do inglês, Application Programming Interface – API). Deste modo, os docentes e discentes podem ter o controle de suas presenças contabilizadas sem a necessidade de interrupções ou atrasos para a checagem de presentes.

1	Arduino Uno
1	Leitor/Gravador de Cartões RFID MFRC522
1	Módulo de Conexão Ethernet ENC28J60
2	Leds
1	Buzzer
1	Case de Plástico
1	Fonte de Alimentação 12v
n	Etiquetas RFID
n	Cabos para Conexões

Tabela 1: Componentes utilizados no sistema proposto.

Com o domínio das tecnologias a serem empregadas no sistema é realizada a montagem do hardware conforme o diagrama de ligação mostrado na Figura 2. Com a integração dos módulos e montagem em uma caixa para obtenção do protótipo final, realizam-se experimentos no campo de atuação do sistema. Neste momento, um novo requisito é adicionado ao mesmo, a questão da segurança e autenticação dos usuários. Como as etiquetas são muito comuns e disponíveis no mercado é possível haver clonagens das mesmas, o que poderia ser um problema para o sistema.

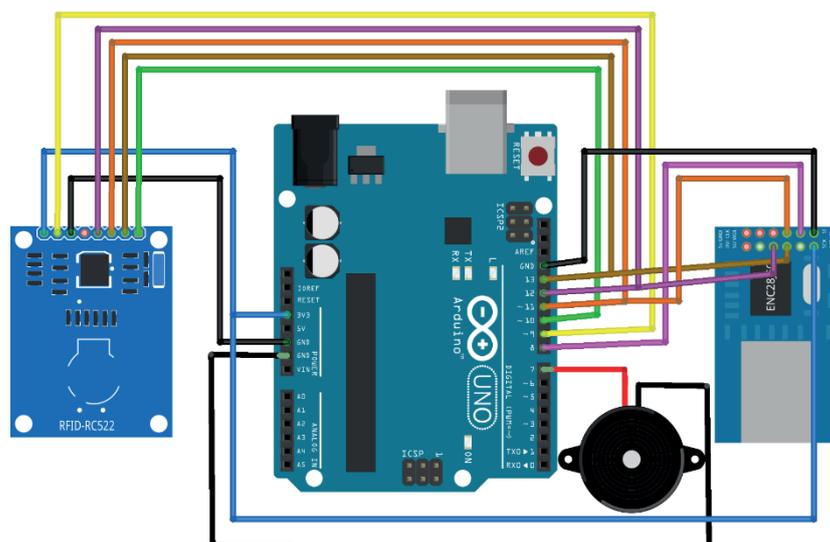


Figura 2: Diagrama de ligação.

Conforme proposto por Zanetti, Fellmann e Capkun, para contornar o problema da clonagem implementa-se um algoritmo que ao mesmo tempo que faz a leitura, realiza-se também a gravação de diversas informações. Essas informações devem ser sincronizadas com o servidor. Dessa maneira, torna-se inútil a clonagem do cartão se o mesmo for utilizado com frequência pois o clone será facilmente detectado. Além disso, é proposto também o uso de um código gerado aleatoriamente. Esse código não deve ser conhecido externamente, a fim de tornar o sistema mais seguro. O fluxograma do algoritmo proposto é exibido na Figura 3.

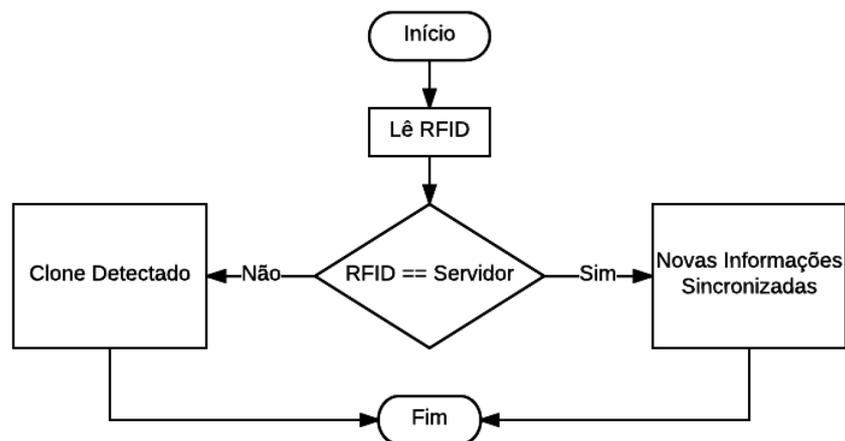


Figura 3: Fluxograma do algoritmo para detecção de clones

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A elaboração desse protótipo teve um custo bastante reduzido se comparado com outros dispositivos no mercado que realizam funções semelhantes.

O Porteiro Eletrônico Xpe 1001 da Intelbras realiza apenas uma função específica, verificar se a etiqueta está cadastrada e liberar acesso. O modelo apresentado aqui pode realizar essa e muitas outras funções que podem ser implementadas externamente utilizando uma API com um custo cinco vezes inferior. Por outro lado, o sistema proposto necessita estar conectado a uma rede de comunicação para executar suas funcionalidades, podendo essa ser cabeada ou WiFi utilizando o módulo ESP8266. Durante os testes, a rede WiFi não se mostrou muito confiável, tendo problemas de recepção caso o módulo estivesse muito afastado do ponto de conexão. O problema da implementação desse modelo é a sua necessidade de uma API diferente para cada aplicação.

A disposição interna dos componentes proposta neste trabalho mostrada na Figura 4 é apenas um exemplo e pode ser realizada de maneira alternativa, podendo até mesmo economizar espaço interno.



Figura 4: Disposição interna dos componentes na caixa.

4 | CONCLUSÕES

Neste trabalho foi realizada a implementação e construção de um dispositivo controlador de acessos de propósito geral de baixo custo. Os testes realizados durante a utilização demonstraram que o controlador é eficiente e facilmente configurável, ou seja, pode ser utilizado em diferentes aplicações. Não é possível impedir a clonagem dos cartões, mas é possível alertar as suas utilizações, por isso, o sistema de detecção de clones mostrou-se eficiente em seus testes.

O custo dos materiais aqui apresentados podem ser reduzidos se comprados em grandes quantidades, o valor é irrisório se comparado com outros dispositivos que realizam as mesmas funções, demonstrando que o dispositivo pode ser utilizado em larga escala, como em universidades, eventos etc.

REFERÊNCIAS

VERMA, G. K.; TRIPATHI, P. **A digital security system with door lock system usign rfid technology.** International Journal of Computer Applications, 2010.

ZANETTI, D.; FELLMANN, L.; CAPKUN, S. **Privacy-preserving clone detection for rfid-enabled supply chains.** 2010

AGROQUÍMICOS: LEVANTAMENTO DO USO NA CIDADE DE FORMOSA DA SERRA NEGRA/MA E UMA PROPOSTA PARA TRABALHOS EM SALA DE AULA

Janyeid Karla Castro Sousa

Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

São Luís – MA

Jemmla Meira Trindade Moreira

Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

São Luís – MA

Andréa Soares de Souza Barros

Universidade Federal do Maranhão (UFMA),

Curso de Licenciatura em Química, Grajaú – MA

RESUMO: O presente trabalho apresenta resultados de uma pesquisa de campo e pesquisas bibliográficas sobre o nível de conhecimento da população rural de Formosa da Serra Negra/MA, em relação ao uso e manuseio de agroquímicos, utilizados por agricultores que trabalham com vários tipos de produção e como esta temática pode ser trabalhada em sala de aula. Como metodologia de coleta de dados foi realizada uma entrevista semiestruturada com perguntas fechadas relacionadas ao uso e descarte de produtos químicos usados pelos mesmos em suas lavouras e foi direcionada a 11 agricultores de vários setores do município de Formosa da Serra Negra. Após o levantamento de dados pode-se constatar que os agricultores, que estão em sua maioria entre 40 e 60 anos, defendem o uso de agroquímicos e desconhecem os efeitos dessas substâncias no organismo humano.

Este trabalho procura mostrar aos leitores através de uma pesquisa bibliográfica as graves consequências que o uso indiscriminado de agroquímicos pode trazer ao meio ambiente e a importância do desenvolvimento de trabalhos para o desenvolvimento de uma consciência ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Agroquímicos, Meio ambiente, Ensino de Química.

ABSTRACT: The present work is the result of field research and bibliographical research on the level of knowledge of the rural population of Formosa da Serra Negra/MA in relation to the use and handling of agrochemicals, to be worked in the classroom. As a data collection methodology, a semi-structured interview was conducted with samples related to the use and disposal of products that they used as guides for the cultivation of 11 factories in various sectors of the municipality of Formosa da Serra Negra. After data collection, it can be seen that the farmers, who are mostly between 40 and 60 years of age, defend the use of agrochemicals and do not benefit from the human planting. This article is a stub. You can help Wikipedia by expanding it. This article is a stub. You can help Wikipedia by expanding it.

KEYWORDS: Agrochemicals, Environment,

1 | INTRODUÇÃO

É comum o uso de substâncias químicas no controle de pragas em plantações de forma geral. Essas substâncias, comumente chamadas de agroquímicos, têm gerado muitas discussões em torno das consequências de seu uso.

Sabe-se que o Brasil é um dos maiores produtores agrícolas do mundo destacando-se na produção de cana-de-açúcar, café, laranja, soja, e milho, sobressaindo em volume de produção anual. Dessa forma, considerando a grande potencialidade que o país tem enquanto produtor agrícola é comum o uso de agroquímicos como forma de melhoramento da produção, pois atuam no controle dos insetos, doenças, plantas daninhas que causam danos às plantações.

Apesar de apresentar vantagens, a aplicação de agroquímicos requer, sobretudo, cautela, por considerar a sua alta toxicidade.

Evidências comprovam que a maioria dos agricultores desconhece os efeitos nocivos dos agroquímicos à saúde, o que induz a cuidados mínimos ou mesmo nenhum durante o manuseio desses defensivos. Além disso, grande parte dos agricultores não obedece ao tempo mínimo de ação do princípio ativo dos praguicidas, por exemplo, na planta. Como consequência, os consumidores correm o risco de adquirirem um alimento ainda sob o efeito do produto, correndo o risco de terem problemas no sistema nervoso central, doenças cancerígenas e alterações fetais, no caso de consumo desses alimentos.

1.1 Os Agroquímicos e a sua Importância

No início da utilização de produtos químicos na agricultura para o controle de pragas, utilizava-se apenas um pequeno número de compostos inorgânicos, principalmente baseados em formulações envolvendo os elementos como cobre e arsênio (VEIGA *et al.*, 2006). Mas, a partir da Segunda Guerra Mundial, com o objetivo de aumentar a produção de alimento, passou-se a buscar novos produtos que fossem mais eficazes no combate de pragas. A partir de então, houve a introdução dos primeiros produtos orgânicos, com a finalidade de agir como agroquímicos.

Dentre os produtos usados destaca-se a ação inseticida do Dicloro-difenil-tricloroetano – DDT, que passou a ser utilizado como “defensivo agrícola”. O DDT foi sintetizado em 1874 por OthomarZeidler, mas somente em 1939 suas propriedades foram descobertas. Desde então, o DDT passou a ser usado como arma para acabar com o inseto propagador da malária (CIPRO, 2007).

A descoberta do DDT deu uma nova importância aos agroquímicos à base de compostos orgânicos, tanto no aumento da produtividade agrícola quanto no controle

de vetores de doenças, porém, descobriu-se que ele é cancerígeno, assim como os demais compostos da sua classe organoclorados (CIPRO, 2007).

Os agroquímicos, também conhecidos por agrotóxicos ou defensivos químicos, são definidos pelo Ministério da Agricultura, como produtos e agentes de processos físicos, químicos e biológicos, utilizados em vários setores de produção, dentre eles o agrícola, que tem por finalidade alterar a composição da flora, a fim de preservá-la da ação danosa dos seres vivos considerados nocivos (ALENCAR, 2010).

Dada às consequências que essas substâncias podem trazer para o ser humano e ao meio ambiente, entende-se que é indispensável que desde a conceituação se deixe claro o potencial impacto que o homem e o próprio ambiente estão sujeitos quando do uso contínuo e indiscriminado desses produtos.

Apesar das condições negativas que os agroquímicos podem trazer, eles têm sua importância no controle de pragas na agricultura, no intuito de aumentar a produtividade agrícola.

À medida que agricultura começa a produzir em maior quantidade, o plantio fica mais denso, e as plantas aproximam-se mais umas das outras, conseqüentemente, as pragas e doenças agrícolas se espalham mais fácil em grandes aglomerados de plantas (CULTIVANDO, 2018).

Com o aumento da quantidade de produção agrícola, a possibilidade de insetos e doenças atacarem as plantas cultivadas fica maior. O grande problema é que o crescimento da produção pode gerar danos irreversíveis à lavoura, causando perdas de qualidade e segurança alimentar dos produtos agrícolas, bem como grande redução na quantidade produzida.

O mercado atual é exigente e não aceita grãos, frutas ou legumes severamente atacados por fungos ou bactérias, que além de possuir aspecto visual e sabor indesejáveis, também podem gerar sérias intoxicações alimentares. Ao mesmo tempo, no campo, existe a preocupação do agricultor em não conseguir sobreviver no caso de baixa produção da lavoura, faltando para cobrir as suas despesas com adubos, mão-de-obra, dentre outros. (CULTIVANDO, 2018).

Utilizar agroquímicos não é simplesmente uma questão de opção. Na grande maioria, o seu uso é necessário e, por vezes, indispensável para manter a produção de alimentos nos níveis necessários.

1.2 Riscos no Uso de Agroquímicos

A aplicação de agroquímicos tem aumentado a nível mundial, desde meados da década de 60 (PORTO e SOARES, 2012), e por serem potencialmente poluidores e contaminantes ambientais, ressalta-se os efeitos da produção, formulação, transporte, manuseio, armazenamento e aplicação dos mesmos.

Algumas publicações (SOARES et al, 2003; FARIA et al, 2004) têm apontado problemas de saúde associado ao manuseio constante de agroquímicos, principalmente

entre os trabalhadores rurais. A contaminação e os perigos relacionados aos agroquímicos inicialmente desenvolve-se no próprio campo, iniciando-se com os agricultores que fazem a pulverização nas lavouras.

Logo em seguida, o perigo vem com a chegada dos produtos alimentícios à mesa do consumidor dos grandes e médios centros urbanos. Os vegetais e frutas disponíveis no mercado, de aspecto agradável podem esconder em sua película externa fragmentos de agroquímicos.

Segundo Castelo (2001) no momento da aplicação os agroquímicos podem penetrar no corpo do aplicador por quatro vias: a pele (mãos, braços, pernas e pés), o aparelho respiratório, a boca e os olhos, por isso é muito importante o uso de EPI (equipamento de proteção individual).

Depois de usadas, as embalagens dos agroquímicos não podem ser reutilizadas, nem jogadas em qualquer lugar, devem ser colocadas em locais apropriados para lixo tóxicos. O aplicador não pode também lavar as mãos, as roupas e o aparelho que usou nas fontes de água, para evitar o risco de envenenamento de pessoas e animais (MOREIRA E ALMEIDA, 2018).

Desde 2008, o Brasil é o país que mais usa defensivos agrícolas no planeta, chegando em 2009, à marca de mais um bilhão de litros aplicados, dando o equivalente a um consumo médio de 5,2 kg de defensivos por habitantes (LONDRES, 2011).

Há quem defenda o uso dessas substâncias, dizendo que os mesmos são seguros e que os resíduos são mínimos e não há evidências que podem fazer mal à saúde. Em contrapartida, Trapé (2007) aponta trabalhos que relacionam o uso de agroquímicos com doenças como câncer, má formação congênitas, mal de Parkinson, depressão, suicídios, diminuição da capacidade de aprendizagem em crianças, ataques cardíacos, problemas mentais e outros de ordem comportamentais. Portanto, coloca-se em evidência o limite diário aceitável de ingestão dessas substâncias, levando ao questionamento o limite diário aceitável de ingestão desses produtos.

Ao optar pelo uso de um defensivo agrícola, a primeira ação é a de identificar o alvo biológico, sendo este o aspecto mais negligenciado das operações de aplicações de agroquímicos (COSTA, 2018), dessa forma, a busca de informações é necessária e uma das formas eficientes de comunicação entre o fabricante e os usuários, está direcionada à leitura do rótulo das embalagens.

O uso de equipamentos de proteção adequados pelo agricultor pode reduzir em até 100% aos riscos de contaminação. (BONSAL, 1987). Entretanto, devido a questões econômicas, culturais ou desinformação quanto ao risco, o uso desses equipamentos, muitas vezes, é precário ou inexistente.

1.3 Os Defensivos Agrícolas e o meio ambiente

Estima-se que o trabalho agrícola esteja sendo considerado uma prática perigosa

na atualidade, pois além de sua relação com intoxicações dos seres vivos, podem causar danos ao meio ambiente.

De acordo com Ferrari (1985) a contaminação de alimentos, poluição de rios, intoxicação, morte de agricultores e extinção de espécies animais, são algumas das mais graves consequências da agricultura química industrial e do uso indiscriminado de agroquímicos largamente estimulados.

Devido à contaminação ambiental e aos resíduos de agroquímicos nos alimentos, pode-se também estimar que as populações residentes próximas a áreas de cultivo e os moradores urbanos também estão significativamente expostos aos efeitos nocivos destes agentes químicos (MIRANDA et al, 2007).

Para a Agricultura Industrial, o objetivo é exclusivamente a produtividade, deixando de lado o equilíbrio ecológico. Dessa forma, fauna e a flora são amplamente afetadas com o uso de insumos químicos indiscriminados.

De acordo com Ferrari (1985), as terras carregadas pelas águas das chuvas levam para os rios, lagoas e barragens, os resíduos de agroquímicos, comprometendo a fauna e a flora aquática, além de comprometer as águas captadas com a finalidade de abastecimento.

A degradação do meio ambiente apresenta vários prejuízos a longo prazo e seus efeitos talvez sejam irreversíveis. Segundo Santos e Oliveira (2018, apud ANVISA 2006), existem aproximadamente 15 mil formulações para 400 agroquímicos diferentes, sendo que cerca de 8 mil encontram-se licenciados no Brasil, que é o maior consumidor de agroquímicos no mundo.

A principal desvantagem do uso incorreto de agroquímicos é o desequilíbrio ambiental que ele pode causar na região e em seu ecossistema. Eles podem atingir organismos vivos que não são prejudiciais à lavoura e extinguir determinadas espécies fundamentais para o equilíbrio da região ambiental. Por isso, sua utilização é controlada e regulamentada pelo governo da maioria dos países.

1.4 Agroquímicos e o Ensino de Química

Devido à sua importante atuação na agricultura, o Brasil lidera o ranking de consumo de agroquímicos. Apesar do enorme contingente registrado de casos de intoxicação, este não reflete a realidade uma vez que o Ministério da Saúde estima que os episódios não notificados elevariam esse número em 50 vezes, como relatam Ribas e Matsumura (2009, apud PERES e MOREIRA 2018).

Diante desse fato, levar esse tema para sala de aula permite trabalhar com projetos de forma a suscitar ampla interação entre a química, outras áreas de conhecimento e a realidade do aluno, efetivando-se a tão almejada interdisciplinaridade através da contextualização dos conteúdos e a participação ativa dos alunos e da comunidade a qual pertence a escola.

O desenvolvimento de projetos disciplinares ou interdisciplinares, articulando

todas essas formas de ação ou recursos pedagógicos, é extremamente propício para o desenvolvimento das diferentes competências almeçadas, particularmente aquelas associadas à contextualização sócio-cultural. (BRASIL, 2002)

Dentre outros objetivos, a educação básica no Brasil, de acordo com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação - LDB (BRASIL, 1998), tem por finalidade assegurar a formação do educando para o exercício da cidadania. Para alcance dessa finalidade, um processo para a aprendizagem seria a contextualização das aulas, isso significa assumir que o conhecimento envolve uma relação entre sujeito e objeto e o desenvolvimento de um olhar crítico acerca da vivência do aluno.

A Química torna-se relevante para o aluno no momento em que se leva em consideração a inter-relação dos conteúdos abordados com o cotidiano do aluno durante o processo ensino aprendizagem.

Silva et al (2018) defendem que o ensino da Química deve facilitar as relações vividas pelo educando, já que o conteúdo químico tem relação com o cotidiano dos estudantes, possibilitando a interação do ensino. Afirma que é importante trabalhar temas presentes no cotidiano do discente juntamente aos conteúdos vistos em sala de aula, com a finalidade de mostrar ao aluno que é possível relacionar tais conteúdos com o ambiente em que se vive e as possíveis implicações com sua qualidade de vida.

Chassot (1993) compartilha da mesma ideia, pontuando que a Química que se ensina deve ser ligada à realidade, embora, muitas vezes os exemplos que são apresentados aos estudantes desvinculam-se do cotidiano.

Segundo Martins et al (2003), a abordagem do cotidiano relacionando a Química e a sociedade vem sendo utilizada numa tentativa de despertar o interesse dos alunos pela disciplina. Logo, notícias em jornais, revistas, internet e também vídeos podem levar a uma discussão de temas relevantes no contexto escolar e promover o esclarecimento de conceitos frequentemente distorcidos, sejam os conceitos químicos/científicos ou os cotidianos.

A exploração do tema agroquímicos nas aulas de Química pode favorecer a compreensão dos alunos de uma problemática atual que atinge muitos brasileiros. Pontos específicos como os benefícios do uso, malefícios do uso excessivo e de técnicas adequadas de cultivo podem sugerir uma boa forma de aprendizagem de determinados conteúdos, ao mesmo tempo que traz informações fundamentais a respeito do assunto abordado.

Moraes et al. (2011) considera agroquímico um tema social quando ultrapassa os limites do individual, pois o coloca como um problema ambiental e de saúde pública, e sugere sua abordagem nas aulas de química, visando contribuir com informações a fim de minimizar o risco de contaminação doméstica.

Desenvolver estratégias de ensino e aprendizagem voltadas para as questões ambientais, uma vez que os seres humanos são sempre afetados direta ou indiretamente pelos impactos ambientais, permeiam todo o ensino, e, na abordagem da química, geram possibilidade de atuação no entorno da escola.

Considerando as implicações da utilização dos agroquímicos, seria importante estabelecer relações com os conteúdos de Química, como proposto por Braibante e Zappe (2012). Essa prática é relevante principalmente em escolas de municípios com atividade agrícola, considerando que a Química que se ensina deve ser relacionada com a realidade, a fim formar um cidadão cientificamente alfabetizado, capaz de identificar o vocabulário da ciência, compreender os conceitos e utilizá-los para enfrentar desafios e refletir sobre o seu cotidiano (KRASILCHIK e MARANDINO (2007).

A possibilidade de promover a interdisciplinaridade e a aplicação dos conceitos de química ao contexto das realidades locais faz do tema “agroquímico”, como apontado por diversos autores, um mecanismo que propicia aos alunos um maior envolvimento no processo de ensino-aprendizado e, em contrapartida, uma aprendizagem significativa com a participação ativa da comunidade escolar e dos moradores, contribuindo, muitas vezes, para estabelecer uma dinâmica de inserção dos alunos da zona rural na conjuntura escolar.

Com base nessas informações, o professor pode elaborar suas aulas utilizando diferentes estratégias metodológicas que visem contextualizar os conteúdos de química do ensino médio com esta temática.

2 | METODOLOGIA

O presente trabalho teve como objetivo principal investigar a forma como os agricultores de Formosa da Serra Negra (Maranhão) fazem uso de produtos químicos, no caso dos agroquímicos, tendo em vista os riscos, manuseio e descarte destes produtos. Além disso, visa também propor uma metodologia de como trabalhar essa temática em sala de aula.

O estudo realizado teve uma abordagem qualitativa, objetivando a compreensão e interpretação das maneiras de pensar e agir, associados ao uso dos agroquímicos em uma população de agricultores do município de Formosa da Serra Negra-MA.

Para o desenvolvimento do trabalho, realizou-se uma vasta pesquisa bibliográfica em sites de consultas, artigos científicos, dentre outras fontes. Uma pesquisa de campo também foi realizada. Os locais visitados foram fazendas que trabalham com plantações de arroz, milho, feijão e hortaliças. Foram visitadas onze fazendas, no qual foi aplicado um questionário com oito questões, direcionadas aos agricultores nascidos e criados em Formosa da Serra Negra. Todos os proprietários de terras inclusos nesta pesquisa são do sexo masculino.

As questões do questionário foram elaboradas basicamente para investigar se os agricultores sabem o porquê de usarem agroquímicos e a importância dos mesmos em suas lavouras, contextualizando os seus males e os riscos que naturalmente estão expostos durante o seu manuseio. Logo em seguida, foi realizada uma visita nas lavouras no município de Formosa da Serra Negra para conhecimento de sua área de

trabalho.

Os estabelecimentos de vendas dos produtos químicos (agroquímicos) da cidade também foram visitados. O objetivo dessa visita foi estabelecer um diálogo com os proprietários e instigar algumas questões relacionadas ao tema citado.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Dados Coletados Junto aos Agricultores

Durante o trabalho de campo, foi aplicado um questionário (Apêndice B) aos agricultores das 11 fazendas visitadas. Um dos questionamentos que foi realizado foi da opinião dos agricultores a respeito do uso dos agroquímicos na lavoura. A Figura 01 apresenta os resultados para este questionamento.

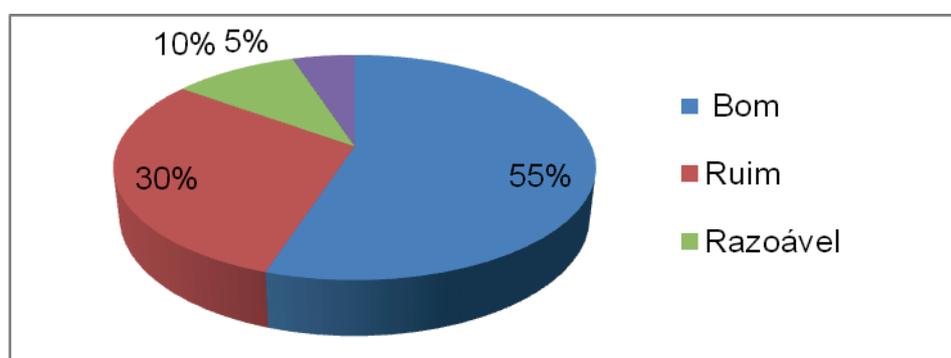


Figura 01: Gráfico sobre o entendimento dos agricultores relacionados aos agroquímicos.

Observa-se que 55% responderam que consideram a sua utilização como sendo boa, e que o mesmo é de grande utilidade em suas lavouras. Dos entrevistados 30% confirmam que é ruim, para si e para o meio ambiente. Os 10% responderam que os agroquímicos têm seu lado bom e ruim e 5% não souberam responder.

Considerando a problemática que o uso contínuo e indiscriminado dos agroquímicos pode causar, é importante que as pessoas que deles fazem uso saibam que os impactos não são somente positivos. Se por um lado eles podem prevenir o ataque de pragas, por exemplo, por outro lado o simples fato da exposição a esses produtos podem trazer problemas irreversíveis para a saúde humana. Dessa forma, é conveniente ter cautela ao optar pelo uso e principalmente ter conhecimento do tipo de efeitos que o produto usado pode causar, pois o impacto causado pelo uso e a fabricação de agroquímicos é, muitas vezes, irreversível.

Vários são os tipos de produtos usados aqui no Brasil. Dentre eles podemos citar o Glifosato e o Acetato, ambos inseticidas (CULTURA MIX, 2018). Como informativo, foi questionado qual o tipo de produto químico mais utilizado por eles em suas plantações (Figura 2).

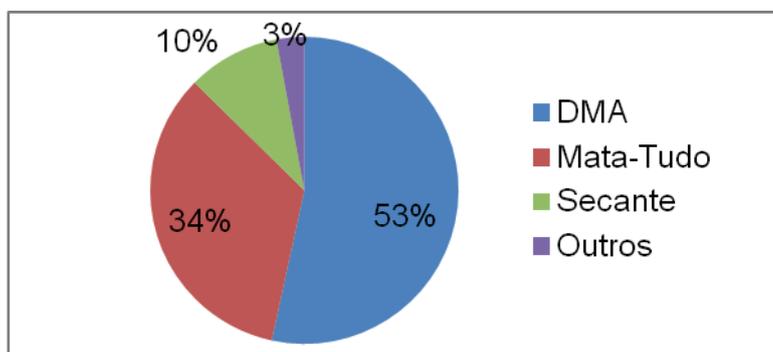


Figura 02: Gráfico dos produtos químicos mais utilizados pelos agricultores de Formosa da Serra Negra.

Na Figura 2 constata-se que o agroquímico mais usado é o Dimetilanilina (DMA) com 53% das afirmações. Dos entrevistados, 34% confirmaram que usam mais o Mata-Tudo, 10% responderam que preferem a utilização do Secante e 3% citaram outros tipos de produtos químicos.

O DMA, de forma particular, é um herbicida agrícola que apresenta grau toxicológico e é classificado como extremamente tóxico e irritante aos olhos e pele, além de apresentar potencial de periculosidade ambiental.

De maneira geral, os agroquímicos são tóxicos, independentemente de qual composto é usado, sendo uns menos, e outros mais danosos à saúde humana e ao meio ambiente. Um dos problemas mais comuns é a contaminação do solo, de lençóis freáticos e de rios e lagos. Quando os agroquímicos são utilizados, ele chega ao solo com a chuva e o próprio sistema de irrigação da plantação, poluindo-os e intoxicando toda vida lá presente.

A frequência do uso desses produtos é um fator determinante para possíveis causas de problemas de saúde. Dessa forma, foi verificada qual a frequência que os entrevistados fazem uso desses produtos em suas plantações em um ano.

Podemos observar que 85% responderam que utilizam os agroquímicos uma vez por ano, 10% confirmaram que utilizam os produtos químicos duas vezes no decorrer do ano e 5% responderam que utilizam três vezes por ano.

Cada produto apresenta as suas especificidades e a periodicidade de aplicação depende de cada produto. É importante que ao selecionar por um tipo específico de produto, a pessoa que manusear leia atentamente todas as precauções no rótulo do produto.

O uso de agroquímicos contribui para o empobrecimento do solo, reduz a eficiência da fixação de nitrogênio realizada por micro-organismos fazendo com que o uso deles seja cada vez mais necessário. Dessa forma, definir a periodicidade de uso dos agroquímicos é importante para evitar problemas de fertilidade do solo.

Além da periodicidade de aplicação, existe outra preocupação que deve ser permanente para os usuários, que é o uso dos equipamentos de proteção individual (EPI) quando da aplicação de produtos químicos que oferecem riscos à saúde. O uso

de EPIs pode evitar uma vasta gama de problemas ao homem. A esse respeito foi questionado aos entrevistados se usam algum tipo de proteção durante a aplicação dos agroquímicos.

Observa-se que 69% dos agricultores investigados não usam equipamentos de segurança, 30% usam apenas máscaras e luvas e 1% afirma usar o equipamento completo, como sugere Castelo (2001).

A qualidade na aplicação de agroquímicos está intimamente relacionada a assuntos de segurança para o aplicador, a população rural próxima, o consumidor final e o ambiente em geral. As informações sobre o uso correto e seguro dos agroquímicos é assunto regulamentado pela Lei federal no 7.802, de 11 de julho de 1989 e Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002 que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, produção, embalagem e rotulagem, transporte, armazenamento, comercialização, propaganda comercial, utilização, importação e exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, registro, classificação, controle, a inspeção e a fiscalização de agroquímicos, seus componentes e afins.

Usar EPI's durante o manuseio de produtos fitossanitários, que são os agroquímicos ou afins que tiverem em sua composição apenas produtos orgânicos, é essencial para a segurança dos trabalhadores. Além disso, o uso de EPI's é uma exigência da legislação brasileira e o não cumprimento poderá acarretar penalidades e riscos de ações trabalhistas. A indústria informa através dos rótulos, bulas e das Fichas de Informação de Segurança de Produto (FISP) quais são os EPI's que devem ser utilizados para cada produto. Os responsáveis pela aplicação sempre devem ler estas informações com atenção, porém a exposição a produtos químicos pode ocorrer através da pele, da boca, dos olhos ou através da inalação de partículas ou vapores durante o manuseio e aplicação.

Ao abrir as embalagens aplicar os produtos ou limpar os equipamentos de aplicação, o aplicador deve sempre utilizar luvas, respiradores e outros EPI's com o objetivo de evitar a exposição do organismo ao produto tóxico.

Além da falta de uso dos equipamentos de proteção individual, outro fator que contribui para que aconteçam intoxicações com diferentes produtos químicos é a falta de informação a respeito dos riscos que eles podem oferecer em uso.

Os resultados revelam um dado preocupante, 87% dos agricultores entrevistados não conhecem os riscos que os agroquímicos trazem consigo. A falta de informação técnica a respeito dos componentes químicos que compõem os agroquímicos agrava os possíveis problemas de intoxicação do homem por esses produtos. Sabendo-se que este é um problema não só local, mas de abrangência de nosso país, o descaso das autoridades e a falta de incentivos governamentais à educação rural, bem como falhas na rotulação dos produtos cometidas pelos fabricantes, acabam por piorar essa situação.

O acesso às informações a respeito desses produtos poderia evitar uma série de problemas, pois de posse dessas informações, o usuário aplicaria esses produtos da

forma correta e na dosagem correta. Porém, apenas 13% afirmaram saber dos riscos que correm durante a utilização de produtos químicos.

Uma das possíveis alternativas para a substituição de agroquímicos são os biopesticidas, que se referem a produtos feitos a partir de micro-organismos, substâncias naturais ou derivados de plantas geneticamente modificadas, que façam controle de pestes.

Para o consumidor final, a situação é mais complexa, já que é difícil saber se o produtor utilizou ou não biopesticidas na sua lavoura. A opção é escolher, preferencialmente, alimentos orgânicos e sempre lavar frutas, legumes e verduras, independentemente da sua procedência.

3.2 Dados dos Estabelecimentos Comerciais

Fez-se uma pesquisa nos estabelecimentos de venda de produtos químicos, através de questionário (Apêndice A) do qual se investigou a respeito dos produtos mais vendidos, bem como o que é necessário, em termos de documentação, para efetuar a compra dos mesmos (Tabela 1).

Produtos Químicos	Mirex ($C_{10}Cl_{12}$ / Dodecacloropentaciclodecano) DMA ($C_8H_6Cl_2O_3$ / 2,4-D Sal Dimetilamina) Glifosato (<i>N</i> -(fosfonometil)glicina / $C_3H_8NO_5P$) Brason ($C_6H_2Cl_4$ 2,4,5,6-Tetraclorobenzeno-1,3-dicarbonitrilo) Tordon ($C_6H_3Cl_3N_2O_2$ / 4-amino-3,5,6-tricloro-2-piridinol carboxílico ácido) Mata-tudo ($C_3H_8NO_5P$ / 2-[(fosfonometil)aminoácido])
O que precisa para efetuar a compra	CPF; Laudo do responsável pela AGED; Compra livre.
Quando efetuar uma nova compra	A compra é efetuada de acordo com a necessidade do cliente.

Tabela 1: Os produtos químicos mais vendidos em Formosa da Serra Negra

Os estabelecimentos de vendas apresentaram que o DMA é um dos produtos mais vendidos. Além dele tem-se o glifosato, inseticida que mais tem causado danos ao meio ambiente e ao homem.

À medida que a sociedade for se dando conta do grave problema que é o uso indiscriminado destes, passará a exigir das autoridades maior fiscalização e pesquisas para o desenvolvimento de produtos e tecnologias de controle de pragas e doenças que não agrida tanto o meio ambiente e a população, e também o uso correto dos agroquímicos obedecendo aos períodos de carência de cada produto e tolerância zero para qualquer nível de resíduos.

3.3 Agroquímicos: Uma Proposta Didática

A utilização de temas sociais, no ensino da química é um poderoso mecanismo para auxiliar no desenvolvimento da cidadania e compromisso social como afirmam Santos e Schnetzler (2003). Desse modo, o trabalho com projetos interdisciplinares é uma boa possibilidade de abordar a temática de agroquímicos em sala de aula.

Trabalhar projetos com o tema “Agroquímicos”, em sala de aula pode ser uma interessante possibilidade, visto que a construção do conhecimento através desse tema leva a uma visão abrangente de problemas socioambientais do lugar em estudo e, além disso, enquanto trabalho na Educação Básica, atende os pressupostos do eixo Ciência, Tecnologia e Sociedade – CTS.

Como sugestão de metodologia, o professor pode fazer inicialmente uma problematização a respeito do tema. Essa problematização partiria de um vídeo que mostrasse a importância do uso dos agroquímicos na agricultura e suas possíveis consequências ao homem. Esse vídeo deverá ser cuidadosamente selecionado pelo professor e deve abranger o máximo de informação possível a respeito do tema.

Após esse vídeo o professor poderá abrir uma discussão em sala de aula, averiguando os conhecimentos prévios dos alunos, instigar o que os alunos conseguiram adquirir de informação com o vídeo, bem como pegar relatos de experiências de alguns desses alunos.

Como atividade complementar pode ser solicitada à turma uma pesquisa na literatura sobre os agroquímicos mais usados no Brasil, sua composição química e os riscos ao homem, no caso de uso inadequado desses produtos.

A partir da execução da atividade complementar, o professor tem como sugestão abrir um debate entre grupos de alunos fazendo um confronto de ideias entre grupos que defendem as vantagens e os que elencam as desvantagens no uso de agroquímicos.

Com base no levantamento da pesquisa bibliográfica realizada pelos alunos, o professor poderá usar a composição química em aulas de química orgânica, abordando funções orgânicas, reações orgânicas e até mesmo ligações químicas. E se o trabalho abranger professores de outras áreas do conhecimento, esses também poderão trabalhar os assuntos que envolvem suas respectivas áreas dentro do tema problematizado.

Como culminância das atividades a turma poderá desenvolver projetos interdisciplinares que envolvam trabalhos no campo, visitas e palestras de esclarecimentos para agricultores principalmente a respeito do que os agroquímicos podem causar no organismo.

Simultaneamente a essas atividades, oficinas de como usar EPIs e oficinas de primeiros socorros podem ser oferecidas, desde que os alunos estejam plenamente capacitados para essa tarefa.

Como em todas as escolas existe um planejamento anual de atividades, é

importante que qualquer projeto desse porte esteja inserido nesse planejamento, uma vez que para realizar tipos de trabalho como o citado, demanda tempo e requer uma estrutura mínima necessária para a execução.

4 | CONCLUSÃO

O presente trabalho possibilitou perceber que uma das causas de intoxicação por agroquímicos é a falta de informação a respeito dos perigos que eles podem oferecer, forma de manuseio e cuidados com a proteção individual durante a aplicação.

Na pesquisa realizada na cidade de Formosa da Serra Negra - MA verifica-se que maioria dos agricultores desconhece os efeitos nocivos dos agroquímicos à saúde e também ao meio ambiente, o que induzem alertas e cuidados no seu uso, no solo e no manuseio desses defensivos. Como consequência, os consumidores correm o risco de adquirirem um alimento ainda sob o efeito do produto, correndo o risco de terem problemas no sistema nervoso central, doenças cancerígenas e alterações fetais, no caso de consumo desses alimentos.

A livre comercialização e a ineficácia da fiscalização pelos órgãos responsáveis acarretam ainda mais as consequências graves e irreversíveis à saúde, principalmente a do próprio agricultor.

Dada às consequências que essas substâncias podem trazer para o ser humano e ao meio ambiente, entende-se que é indispensável informações mais claras nos rótulos, campanhas de conscientização de produtores e mais fiscalização dos órgãos públicos sobre o potencial impacto que o homem e o próprio ambiente estão sujeitos quando do uso contínuo e indiscriminado desses produtos. O agricultor precisa estar bem informado sobre os perigos, sobre os tipos de defensivos indicados para cada tipo de praga e para isso é muito importante a ajuda de um técnico especializado.

É importante saber que, apesar das consequências negativas que os agroquímicos podem trazer, eles têm sua importância no controle de pragas na agricultura, no intuito de aumentar a produtividade agrícola.

Assim, o desenvolvimento de atividades que envolvam essa temática é sempre requerido, principalmente quando se trata da abordagem em sala de aula, devido à possibilidade de atingir jovens de cidades da zona rural que terão de alguma forma contato com pessoas que trabalham com agricultura.

Os temas relacionados a agroquímicos podem ser uma maneira motivadora para chamar a atenção dos alunos para aulas mais dinâmicas e críticas. É um tema bastante rico em conceitos e que apresenta um contexto de grande motivação, permitindo os desenvolvimentos químicos biológicos e ambientais. Buscando aos estudantes compreender sua importância e a forma correta de como usá-los, além de despertar um conhecimento intelecto para o desenvolvimento de um espírito crítico, interferindo assim no seu dia a dia e obtendo mais consciência ambiental e humana.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, J. A. de. Sistema de Produção: **Cultivo da Videira. Normas Gerais sobre o uso de Agrotóxicos**. EMBRAPA, 2010. Disponível em: <http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/sistema_producao/spuva/agrotoxicos.html> Acesso em: 05 ago. 2018.
- BONSALL, J.L. **Medição da exposição ocupacional a pesticidas. Em: Riscos Profissionais de Uso de Pesticidas**. Ed. Turnbull, G.S .; Francis e Taylor, Londres, pp. 13-33, 1985. Traduzido por Eurípedes Malavolta, 1987.
- BRAIBANTE, M.E.F.; ZAPPE, J.A.. A química dos agrotóxicos. Revista Química Nova na Escola. Vol. 34, N° 1, p. 10-15, Fevereiro 2012.
- BRASIL, **PCN+ Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Secretaria de Educação Média e Tecnológica – Brasília 2012.
- _____, **Lei de Diretrizes e Bases da Educação**: Lei nº 9.394/96 – 24 de dez. 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, 1998.
- _____, Ministério da Educação e do Desporto. Conselho Nacional de Educação. Câmara da Educação Básica. Resolução n. 2, de 7 abril de 1998. Institui as **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Fundamental**. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 15 abr. 1998.
- CASTELO, Celina Maria Montenegro. **Construindo a cidadania no Ceará – Educação Agrícola**. Secretaria de Educação do Ceará. Fortaleza, 2001.
- CHASSOT, A. I. **Catalisando transformações na educação**. Ijuí: Ed. Unijuí, 1993.
- CIPRO, Caio Vinícius Zecchin. **Ocorrência de Compostos Organoclorados em Euphausiasuperba e em ovos gorados de piguins do gênero Pygoscelis**. Dissertação de Mestrado. São Paulo, 2007.
- COSTA, A. Z. de M.; PEREIRA, J. L.; CÉSAR, J. de O.; LIMA, L.C. **Tecnologia de Aplicação de Agroquímicos**. Disponível em: <<http://www.ceplac.gov.br/radar/Artigos/artigo1.htm>> Acesso em: 04 ago. 2018.
- CULTIVANDO. **Por que são usados agrotóxicos?** Disponível em: <http://www.cultivando.com.br/alimentacao_e_saude_agrotoxicos_por_que_sao_usados.html> Acesso em: 21 ago. 2018.
- CULTURA MIX. Meio Ambiente. **Tipos de agrotóxico mais utilizados e Perigosos**. Disponível em: <<http://meioambiente.culturamix.com/agricultura/tipos-de-agrotoxicos-mais-utilizados-e-perigosos>>. Acesso em: 30 ago. 2018.
- DESLANDES, S.F. **O Projeto de Pesquisa como Exercício Científico e Artesanato Intelectual**. IN: MINAYO, M.C.S.(Org) Pesquisa Social; Teoria Método e Criatividade. 29ª Ed. Petrópolis: Vozes, 2010
- FARIA, Mauro Velho de Castro. **Análise da contaminação dos sistemas hídricos por agrotóxicos numa pequena comunidade rural do Sudeste do Brasil**. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 22(11):2391-2399, nov, 2006.
- FARIA, Neice Müller Xavier. FACCHINI, Luiz Augusto. FASSA, Ana Claudia Gastal. TOMASI, Elaine. **Trabalho rural e intoxicações por agrotóxicos**. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 20(5):1298-1308, set-out, 2004.
- FERRARI, Antenor. **Agrotóxico: a praga a dominação**. Porto Alegre: Mercado Aberto, 1985. p. 110-112.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Formosa da Serra Negra-MA**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/formosa-da-serra-negra/panorama>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

KRASILCHIK, Myriam; MARANDINO, Martha. **Ensino de ciências e cidadania**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2007.

LONDRES, F. **Agrotóxicos no Brasil: um guia para a ação e defesa da vida**. Rio de Janeiro: AS-PTA. Assessoria e serviços a projetos em agricultura alternativa, 2011.

MARTINS, A.B.M. SANTA MARIA, L.C. AGUIAR, M.R.M.P. **As drogas no ensino de química. Química nova na escola**. N° 18, Novembro, 2003.

MIRANDA, A. C. de; MOREIRA, J. C.; CARVALHO, R. de; PERES, F. **Neoliberalismo, uso de agrotóxicos e a crise da soberania alimentar no Brasil**. *Ciência Saúde Coletiva* vol.12 no.1 Rio de Janeiro Jan./Mar. 2007.

MORAES, P.C.; TRAJANO, S.C.S.; MAFFRA, S.M. e MESSEDER, J.C. **Abordando agrotóxico no ensino de química: uma revisão**. *Revista Ciências&Ideias*, v. 3, n. 1, p. 1-15, 2011.

MOREIRA, M. I. F. e ALMEIDA, J. R. de S. **Uso de Agrotóxicos, seus Efeitos para a Saúde e o Ambiente e o Uso de Outras Alternativas**. 2008. Disponível em: <<http://webartigos.com/artigos/uso-de-agrotoxicos-seus-efeitos-para-a-saude-e-o-ambiente-e-o-uso-de-outras-alternativas/10698>>. Acesso em: 21 ago. 2018.

PERES, F., MOREIRA, J.C., CLAUDIO, L. **Os impactos dos agrotóxicos sobre a saúde e o meio ambiente**. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v.12, n.1, 2003.

PORTO, M. F.; SOARES, W. L. **Modelo de desenvolvimento, agrotóxicos e saúde: um panorama da realidade agrícola brasileira e propostas para uma agenda de pesquisa inovadora**. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, São Paulo, 37 (125): 17-50, 2012.

RIBAS, P. P.; MATSUMURA, A. T. S. **A química dos agrotóxicos: impacto sobre a saúde e o meio ambiente**. *Revista Liberato*, Novo Hamburgo, v. 10, n. 14, p. 149-158. 2009.

SANTOS, T. R. dos; OLIVEIRA, H. S. **Agroecologia como temática de educação ambiental na preservação dos ecossistemas através da redução de agrotóxicos no contexto rural**. 2015. Disponível em: <<https://www.seer.furg.br/remea/article/download/4671/3393>>. Acesso em: 10 mai. 2018.

SANTOS, W. e SCHNETZLER, R.P. **Educação em Química: Compromisso com a cidadania**. 3ª ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2003.

SOARES, W. ALMEIDA, R. M. MORO, S. **Trabalho rural e fatores de risco associados ao regime de uso de agrotóxicos em Minas Gerais, Brasil**. *Cad Saúde Pública* 2003; 19:1117-27.

VEIGA, M. M.; SILVA, D. M.; VEIGA, L. B. E.; FARIA, M. V. de C. **Análise da contaminação dos sistemas hídricos por agrotóxicos numa pequena comunidade rural do Sudeste do Brasil**. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro. 22(11):2391-2399, 2006.

TRAPÉ, A. Z. **Agrotóxicos e Saúde Pública**. *Revista Visão Agrícola*. nº7. São Paulo, 2007.

APÊNDICES

Apêndice A

QUESTIONÁRIO PARA OS PROPRIETÁRIOS DE COMÉRCIOS COM VENDAS DE PRODUTOS QUÍMICOS

- 1) Nome fantasia?
- 2) Quais os produtos químicos mais vendidos em seu estabelecimento?
- 3) O que uma pessoa precisa para comprá-los?
- 4) Existe um tempo determinado para uma nova compra?

Apêndice B

QUESTIONÁRIO PARA OS AGRICULTORES

- 1 – Nome do agricultor e idade?
- 2 – Nome da Fazenda?
- 3 – O que você entende por agroquímicos?
- 4 – Quais os produtos químicos mais usados nas suas lavouras? Os que você já usou?
- 5 – Qual a frequência de uso, quantas vezes por ano?
- 6 – Quais os equipamentos de segurança usados?
- 7 – Você conhece os riscos em relação ao uso de agroquímicos?
- 8 – Você reconhece algum caso de óbito na sua cidade de Formosa da Serra Negra?

SOBRE A ORGANIZADORA

Nauana Hay Paiva Professora na Secretaria Estadual de Educação do Paraná. Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Especialista em Neuropedagogia Institucional pelas Faculdades Integradas do Vale do Ivaí. Especialista em Psicopedagogia Institucional pela Faculdade Venda Nova do Imigrante. Mestre em Ciências Biomédicas pela Universidade Estadual de Ponta Grossa na área de concentração de Biologia Celular e Molecular.