



SEMIC

XXXIII SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA - UEMA

UEMA PRODUZINDO CONHECIMENTO

(Ciclo 2020-2021)

***CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS,
CIÊNCIAS DA SAÚDE, ENGENHARIAS,
CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA***

VOLUME I

***Comissão Organizadora:
Marina Bezerra Figueiredo
Eliane Pinheiro de Sousa
Rita de Maria Seabra Nogueira***

UEMA PRODUZINDO
CONHECIMENTO
(Ciclo 2020-2021)

CIÊNCIAS AGRÁRIAS,
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS,
CIÊNCIAS DA SAÚDE,
ENGENHARIAS,
CIÊNCIAS EXATAS E
DA TERRA
Vol. I

Organizadoras: Marina Bezerra Figueiredo; Eliane Pinheiro de Sousa; Rita de Maria Seabra Nogueira

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

Instituições apoiadoras

Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão – FAPEMA

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq

Informações gráficas

Capa: Leonardo Leal Chaves

Diagramação: Priscilla Piccolo Neves

Revisão: Leonardo Leal Chaves; Priscilla Piccolo Neves

Divisão de Editoração

Jeanne Ferreira de Sousa da Silva

Editor responsável

Jeanne Ferreira de Sousa da Silva

Conselho Editorial

Adilto Pereira Andrade Cunha

Adriana Araújo Diniz

Adriana Maria de Souza Zierer

Alana Lislea de Sousa

Ana Carla Marques da Costa

Ana Lucia Cunha Duarte

Ana Patrícia Sá Martins

Andrea Teresa Martins Lobato

Ariadne Enes Rocha

Barbara Irene Wasinski Prado

Bráulio Roberto de Castro Loureiro

Danilo Cutrim Bezerra

Edvan Moreira

Eliana Campêlo Lago

Emanoel Cesar Pires de Assis

Ewaldo Eder Carvalho Santana

Fábio Henrique Monteiro Silva

Flávio Nunes Pereira

Flor Maria Guedes Las-Casas

Franc-Lane Sousa Carvalho do Nascimento

Gislane da Silva Lopes

Gonçalo Mendes da Conceição

Grete Soares Pflueger

Helder de Moraes Pereira

Ícaro Gomes Antonio

Irlane de Regina Moraes Novaes

Isabel Azevedo Carvalho

Jaqueline Diniz Pinho

José Leonardo Annunziato Ruivo

Josiane Isabela da Silva Rodrigues

Laice Fernanda Gomes de Lima

Ligia Tchaicka

Lourival Matos de Sousa Filho

Marcia Rayka e Silva Lima

Maria Cleoneide da Silva

Maria Edileuza Soares Moura

Maria Inez Fernandes Carneiro

Maria Teresinha de Medeiros Coelho

Marivania Leonor Souza Furtado

Maura Celia Cunha e Silva

Monique Hellen Martins Ribeiro

Nancyleni Pinto Chaves Bezerra

Quesia Guedes da Silva Castilho

Regina Célia de Castro Pereira

Rosalva de Jesus dos Reis

Rosirene Martins Lima

Sandra Imaculada Moreira Neto

Sannyra Fernanda Nunes Rodrigues

Silvana Maria Pantoja dos Santos

Thiago Allisson Cardoso de Jesus

Viviane Corrêa Silva Coimbra

Wanessa David Canedo Melo

Wellinton de Assunção



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DO
MARANHÃO



FUNDAÇÃO DE APOIO
AO ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO

C694

Coletânea SEMIC [recurso eletrônico] - UEMA PRODUZINDO CONHECIMENTO (Ciclo 2020-2021): Ciências Agrárias, Ciências Biológicas, Ciências da Saúde, Engenharias, Ciências Exatas e da Terra, volume 1 / organizadoras Marina Bezerra Figueiredo, Eliane Pinheiro de Sousa e Rita de Maria Seabra Nogueira. – São Luís: Editora UEMA, 2022.

1001p.

Coletânea de artigos.

ISBN: 978-85-8227-278-7 (E-book)

1. UEMA. 2. PIBIC. 3. SEMIC. I. Figueiredo, Maria Bezerra. II. Sousa, Eliane Pinheiro de. III. Nogueira, Rita de Maria Seabra. IV. Título.

CDU 001.891 (081.1)

Elaborada por Laísa Sousa Barros - CRB 13/657

Sumário

APRESENTAÇÃO14

CIÊNCIAS AGRÁRIAS16

ABUNDÂNCIA E COMPOSIÇÃO FAUNÍSTICA DA ASSEMBLÉIA DE CRISOPÍDEOS (NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE) EM FRAGMENTOS DE VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA..... 17

Renata do Vale Gomes
Gislane da Silva Lopes
Adriano Soares Rêgo
Raimunda Nonata Santos de Lemos
Anne Caroline Bezerra dos Santos
Iasmym de Cássia Almeida Rodrigues

ANÁLISE DA ASSISTÊNCIA TÉCNICA PRESTADA PELOS ÓRGÃOS PÚBLICOS AOS AGRICULTORES FAMILIARES: o caso dos produtores de hortaliças da microrregião aglomeração urbana de São Luís – MA..... 41

Flávia Myllena dos Santos Araujo
Ana Maria Aquino dos Anjos Ottati

ANÁLISE DA CITOINCLUSÃO EM PUNÇÃO DE MEDULA COMO TÉCNICA DIAGNÓSTICA DE LEISHMANIOSE VISCERAL CANINA 66

Ana Letícia Marinho Figueirêdo
Clarissa Sousa Costa Ferreira
Allana Freitas Barros
Wendel Fragoso de Freitas Moreira
Rytha de Kassia Correa Nunes
Leonardo Costa Rocha
Fábio Henrique Evangelista de Andrade
Ana Lucia Abreu Silva

ANÁLISE DA VARIABILIDADE GENÉTICA DE SUÍNOS LOCALMENTE ADAPTADOS NA CIDADE DE BACURITUBA POR MEIO DA UTILIZAÇÃO DO MARCADOR ISSR (“INTER SIMPLE SEQUENCE REPEAT AMPLIFICATION”) 85

Rômulo Nunes Sousa

José de Ribamar Silva Barros

João Gabriel dos Anjos Gonçalves

Gabriel Garcês Santos

André de Sena Rodrigues

Thailson de Jesus Santos Silva

ATIVIDADE INSETICIDA DO ÓLEO DE NIM ASSOCIADO A ÓLEOS MINERAIS NO CONTROLE DE *Maconellicoccus hirsutus* (GREEN) (HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE)..... 103

Gabriel Silva Dias

Aline Vieira Mascarenhas

Itallo Cristian da Silva Oliveira

Adriano Soares Rego

Raimunda Nonata Santos de Lemos

CARACTERIZAÇÃO DOS CONSUMIDORES, ATACADISTAS E VAREJISTAS DO MERCADO DE FRUTAS IN NATURA DO MUNICÍPIO DE SÃO LUÍS 119

Ingrid Raquel Melo Costa

Ana Maria Aquino dos Anjos Ottati

CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS PARA O ESTADO DO MARANHÃO E OS IMPACTOS NO NÚMERO DE GERAÇÕES E CICLO DE VIDA DA MOSCA DA FRUTA. 145

Fernando José Pereira Ferreira

Ronaldo Haroldo Nascimento de Menezes

DETERMINAÇÃO DE SÓDIO E POTÁSSIO EM SEIS DIFERENTES CLASSES DE SOLOS DO LESTE MARANHENSE POR FOTOMETRIA DE CHAMA..... 162

Eduardo Feitosa da Conceição

Manoel Euba Neto

IDENTIFICAÇÃO BOTÂNICA DAS ESPÉCIES DE PLANTAS DANINHAS EM PASTAGENS NA REGIÃO DO MÉDIO MEARIM, MARANHÃO.....186

Márcia Gabrielly Brito da Silva
Antônio Lopes do Bonfim Neto
Mário Luiz Ribeiro Mesquita

MEL DE *Melipona fasciculata* (TIÚBA): obtenção de fermento isolado do mel e sua aplicação na produção de hidromel.....211

Luis Alberto Rocha Rodrigues Junior
José de Ribamar Silva Barros
Bruna Fernanda Silva de Sousa
Gabriel Garcês Santos
João Pedro Piccolo Couto
Debora Letícia Duarte Santos
Remy Lima Carvalho Filho

OTIMIZAÇÃO DOS PROTOCOLOS DE EXTRAÇÃO E PCR DO DNA DE *Melipona fasciculata* VISANDO A UTILIZAÇÃO EM ANÁLISES MOLECULARES228

Gabriel Garcês Santos
José de Ribamar Silva Barros
Rômulo Nunes Sousa
Thailson de Jesus Silva
Luis Alberto Rocha Rodrigues Junior
André de Sena Rodrigues
Hélen Clarice Chaves Costa

SUPRESSÃO DAS PLANTAS ESPONTÂNEAS COM A UTILIZAÇÃO DE ADUBOS VERDES NA CULTURA DO QUIABO256

Guilherme Santos de Alencar
Raimundo Nonato Viana Santos
Maria José Pinheiro Corrêa

CIÊNCIAS BIOLÓGICAS..... 280

ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DE CULTIVO E HISTOLOGIA DE PEIXES PROVENIENTES DE PISCICULTURAS NO MUNICÍPIO DE TUTÓIA, MA..... 281

Nathália Medeiros Guimarães
Rebeca Ramos Souza
Natália Jovita Pereira
Ingrid Tayane Vieira da Silva do Nascimento
Thiago Anchieta de Melo
Débora Martins Silva Santos
Ilka Márcia Ribeiro de Souza Serra

AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DOS NITRITOS NO HOMOGENEIZADO DO *Coriandum sativum* (COENTRO) CULTIVADOS NA PRESENÇA DA CEFALEXINA.....307

Sandra Fernanda Loureiro de Castro Nunes
Carla Regeane Ferreira Guimarães
Maria Célia Pires Costa

BIOMARCADORES HISTOLÓGICOS EM PEIXES ESTUARINOS DA BAÍA DE SÃO MARCOS-MA..... 322

Thalia Matos Aguiar Viana
Amanda Almeida da Costa
Gerson dos Santos Protazio
Hetty Salvino Torres
Marcello Soares Santos Filho
Maria Fabiene de Sousa Barros
Raimunda Nonata Fortes Carvalho Neta

CARACTERIZAÇÃO GENÉTICA DE POPULAÇÕES DE BACURIZEIROS (*Platonia insignis* Mart.) NOS MUNICÍPIOS DE MORROS E CHAPADINHA NO ESTADO DO MARANHÃO, POR MEIO DO MARCADOR MOLECULAR ISSR350

Thailson de Jesus Santos Silva
José de Ribamar Silva Barros
Gabriel Garcês Santos
Rômulo Nunes Sousa
Luis Alberto Rocha Rodrigues Junior
André de Sena Rodrigues

CHECKLIST DE HEPÁTICAS (MARCHANTIOPHYTA) PARA O MARANHÃO BRASIL372

Igor Felipe Paiva Santos
Ronisson Ferreira Oliveira
Gonçalo Mendes da Conceição

CHECKLIST DE PALMEIRAS (ARECACEAE) PARA O LESTE DO MARANHÃO BRASIL389

Ana Clara Ferreira Damaceno
Alexandre Fernando Rodrigues Rocha
Gonçalo Mendes da Conceição

DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO MÓVEL PARA O ENSINO-APRENDIZAGEM DE HISTOLOGIA..... 405

Itallo Cristian da Silva de Oliveira
Natália Jovita Pereira
Luiz Ivan Dutra da Cruz
Ingrid Caroline Moreira Lima
Gabriel Silva Dias
Débora Martins Silva Santos

DIVERSIDADE PLANCTÔNICA E DE MACROALGAS NO ESTUÁRIO DO RIO TIBIRI, POVOADO DE QUEBRA-POTE, SÃO LUÍS, MA..... 441

Rayane Serra Rosas
Danielle Stephane Campos Souza
Leonardo Rodrigues Dutra
Marco Valério Jansen Cutrim
Andrea Christina Gomes de Azevedo-Cutrim

ESTUDO TAXONÔMICO DE ODINIIDEOS (DIPTERA, ODINIIDAE) DAS MESSOREGIÕES OESTE E LESTE MARANHENSES474

Inezita Cantanhede Lima Neta,
Alice Tôrres
Francisco Limeira-de-Oliveira

NÍVEIS DE INFESTAÇÃO DE *Aedes aegypti* E *Aedes albopictus* (DIPTERA, CULICIDAE) EM UMA LOCALIDADE NA ZONA RURAL DO MUNICÍPIO DE CAXIAS, MARANHÃO 499

Tamires da Silva Costa

Sêmilly Suélen Silva Sousa

Maxcilene da Silva de Oliveira

Valéria Cristina Soares Pinheiro

RIQUEZA E COMPOSIÇÃO DA SUBFAMILIA PAPILIONOIDEAE NO MARANHÃO520

Kássya Aguiar Conceição

Anastácia dos Santos Gonçalves

Guilherme Sousa da Silva

Domingos Lucas dos Santos Silva

Gonçalo Mendes da Conceição

VARIABILIDADE GENÉTICA DE TUCUNARÉS (CICHLIDAE, CICHLIFORMES) INTRODUZIDOS NA BACIA DO RIO MEARIM/MA.542

Francisca Karoline Marinho Ferreira

Marcelo Silva de Almeida

Maria Claudene Barros

Elmary da Costa Fraga

CIÊNCIAS DA SAÚDE565

A INFLUÊNCIA DO ISOLAMENTO SOCIAL: prevalência de sintomas ansiosos e depressivos em universitários maranhenses..... 566

Mayara Raíssa de Miranda Bezerra

Leonardo Pereira da Silva

Regina Célia Vilanova-Campelo

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SONO EM DISCENTES DO CURSO DE EDUCAÇÃO FÍSICA DE UMA UNIVERSIDADE PÚBLICA ESTADUAL583

Leonardo Pereira da Silva

Fabiano de Jesus Furtado Almeida

AVALIAÇÃO DOS SINTOMAS SEGUNDO A ESCALA DE DEPRESSÃO, ANSIEDADE E ESTRESSE (DASS-21) NA POPULAÇÃO DE UM ESTUDO DE SOROPREVALÊNCIA DA COVID-19.....598

Maria Clara Santana da Silva
Isadora Feitosa Melo
Doralice Limeira da Silva
Maria Edileuza Soares Moura

ESTRATÉGIAS DE INVESTIGAÇÃO DOS CONDICIONANTES PARA OCORRÊNCIA DE INCIDENTES RELACIONADOS AO PREPARO E ADMINISTRAÇÃO DE MEDICAMENTOS EM UMA MATERNIDADE..... 615

Misslane Moraes da Silva
Maria Clara Santana da Silva
Rafael Carvalho de Maria
Maria Edileuza Soares Moura

FATORES DE RISCO CARDIOVASCULARES: A Prevalência em Estudantes Universitários do Centro de Estudos Superiores de Balsas – CESBA636

Dimily Kaelem Carvalho do Nascimento
Rodson Glauber Ribeiro Chaves

TRANSMISSÃO E PREVENÇÃO DE DOENÇAS VIRAIS (SARS-Cov-2): conhecimento dos discentes da área de saúde - identificação do nível de conhecimento dos discentes da área de saúde sobre biossegurança 669

Christianne Silva Barreto
Irene Sousa da Silva
Joseneide Teixeira Câmara
Mateus Francisco de Sousa

ENGENHARIAS..... 690

ANÁLISE DAS INCERTEZAS EM MEDIÇÕES POR SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO APLICADA EM UMA BANCADA DE CALIBRAÇÕES DE MANÔMETRO.....691

Wellington Pereira Gomes

Wellinton de Assunção

DESENVOLVIMENTO DE SOLUÇÕES DE OPERAÇÃO PARA IA-RSCA EM MCF-EONs.....722

Antonio Fernando Lavareda Jacob Junior

Gustavo Soares Silva

Fabrcio Rossy de Lima Lobato

IDENTIFICAÇÃO DE INDICADORES PARA USO EM PEQUENAS EMPRESAS DO ESTADO DO MARANHÃO742

Marilene Rodrigues Martins

Rossane Cardoso Carvalho

Andréa Patrícia Castro Leite

PESQUISA DE DIFERENTES ARQUITETURAS DE DEEP LEARNING PARA CLASSIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE CÉLULAS NEURONAIS CONSIDERANDO DIFERENTES FORMAS DE REPRESENTAÇÃO.....773

Antonio Fernando Lavareda Jacob Junior

Fábio Manoel França Lobato

Thyago Machado Rodrigues

PINTURAS INTUMESCENTES VERSUS ARGAMASSA PROJETADA JATEADA: análise de desempenho e viabilidade em estruturas metálicas.....794

Chrysthyan Rhayhan Souza de Oliveira

Clodoaldo Cesar Malheiros Ferreira

SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO APLICADA A ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM PROJETO FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE ELÉTRICA EM UMA ESCOLA.825

Wellinton de Assunção

Franklin Lima Júnior

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA855

**APLICAÇÃO DE TÉCNICOS ESTATÍSTICOS NA AVALIAÇÃO DE
METODOLOGIAS TEÓRICAS PARA CALCULAR AS
PROPRIEDADES MOLECULARES856**

Tatiane de Freitas Gomes

Lucas Gabriel Póvoas Silva

Pedro Lucas Leal Santos

Liangela Arouche Ferreira

Raquel Maria Trindade Fernandes

Alamgir Khan

**CARACTERIZAÇÃO DA TAXA DE ESCURECIMENTO DA
BANANA PÓS-COLHEITA ATRAVÉS DA TÉCNICA DE
PROCESSAMENTO DE IMAGENS DO SOFTWARE SCILAB873**

Sergio Nolêto Turibus

Thaylon Henrique da Silva Costa

**DESIGN COMPUTACIONAL E PREVISÕES DE PROPRIEDADES
FÍSICAS PARA MONOCAMADA DE WTe_2 886**

Liana de Oliveira Araújo

Fernando Marques Moucherek

Edvan Moreira

**DETERMINAÇÃO ELETROANALÍTICA DO PESTICIDA
GLIFOSATO (ROUNDUP®) EM AMOSTRAS AMBIENTAIS
COLETADAS NA CIDADE DE CAXIAS-MA 906**

Rayza Borba de Lima

Quésia Guedes da Silva Castilho

Jainara da Silva Costa

INVESTIGAÇÃO TEORICA DOS EFEITOS ESTRUTURAIS NAS PROPRIEDADES TERMOQUÍMICAS DOS ADITIVOS NA OCTANAGEM DE COMBUTIVEIS.....925

Alessandro Morais Cunha
Tatiane de Freitas Gomes
Lucas Gabriel Póvoas Silva
Pedro Lucas Leal Santos
Liangela Arouche Ferreira
Raquel Maria Trindade Fernandes
Alamgir Khan

PRODUÇÃO DE BIODIESEL E SABÃO ECOLÓGICO A PARTIR DE ÓLEOS DE FRITURA RESIDUAL: processos alternativos na prevenção do meio ambiente..... 948

Lucas Gabriel Póvoas Silva
Tatiane de Freitas Gomes
Jessica Cristine Silva Gonçalves
Andressa Luiza Teixeira Oliveira
Raquel Maria Trindade Fernandes
Alamgir Khan

SIMULAÇÃO DO COVID-19 DAS PRINCIPAIS CIDADES DO ESTADO DO MARANHÃO USANDO O MODELO EPIDÊMICO SIR ATRAVÉS DO SOFTWARE SCILAB..... 976

Sergio Nolêto Turibus
Maria Lusiane Santos Matos

APRESENTAÇÃO

A Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), por meio da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, apresenta a coletânea: UEMA PRODUZINDO CONHECIMENTO, ciclo 2020-2021.

A coletânea reúne trabalhos desenvolvidos por alunos da Iniciação Científica da UEMA, que foram apresentados durante o XXXIII Seminário de Iniciação Científica-SEMIC, referente ao ciclo 2020-2021.

O XXXIII SEMIC é uma ação de popularização, disseminação e promoção da ciência promovida pela UEMA que, ao divulgar os resultados de pesquisas desenvolvidas por alunos da graduação, valoriza e prioriza a preparação de nossos jovens por meio da produção do conhecimento, para que sejam atores de destaque no esforço de melhorar os índices de desenvolvimento do Estado, trazendo mais qualidade de vida à nossa população.

O XXXIII SEMIC ocorreu no período de 06 a 10 de dezembro de 2021, no qual foram apresentados e discutidos os resultados obtidos nos projetos de Iniciação Científica, ciclo 2020/2021. O evento deste ano compreendeu 580 trabalhos institucionais, sendo 558 do Programa de Iniciação Científica (PIBIC FAPEMA, UEMA, CNPq e PIBIC/Ações Afirmativas) e 22 do Programa de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBITI). Todos os trabalhos foram divulgados de forma online. A difusão dessas pesquisas para mais de 1194 inscritos atinge os objetivos de

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE,
ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

repercussão necessários na Universidade e na comunidade maranhense.

A coletânea tem por objetivo reunir e divulgar trabalhos de elevada qualidade científica realizados por discentes e seus orientadores docentes da UEMA. Através do despertar pela vocação científica e incentivo de talentos potenciais entre estudantes de graduação, a coletânea possibilita a publicação dos trabalhos resultantes de suas pesquisas. A publicação dos resultados reunidos em capítulos da Coletânea aumenta o envolvimento discente na produção científica da UEMA, colocando em evidência a ciência no estado do Maranhão.

Esta Coletânea está organizada por áreas de conhecimento, dividida em quatro volumes a saber:

Volume 1: Ciências Agrárias, Ciências Biológicas, Ciência da Saúde, Engenharias, Ciências Exatas e da Terra.

Volume 2: Ciências Sociais e Aplicadas

Volume 3: Ciências Humanas

Volume 4: Educação, Linguística, Letras e Artes

Desejamos uma boa leitura e aquisição de conhecimentos!

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE,
ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**ABUNDÂNCIA E COMPOSIÇÃO FAUNÍSTICA DA
ASSEMBLÉIA DE CRISOPÍDEOS (NEUROPTERA:
CHRYSOPIDAE) EM FRAGMENTOS DE VEGETAÇÃO
SECUNDÁRIA**

Renata do Vale Gomes¹

Gislane da Silva Lopes²

Adriano Soares Rêgo³

Raimunda Nonata Santos de Lemos⁴

Anne Caroline Bezerra dos Santos⁵

Iasmym de Cássia Almeida Rodrigues⁶

INTRODUÇÃO

A biodiversidade de insetos está ameaçada em todo o mundo (BASSET; LAMARRE, 2019). O declínio populacional de insetos implica não apenas na redução da abundância, mas também em uma distribuição geográfica mais restrita das espécies, e representa o primeiro passo para a extinção (SÁNCHEZ-BAYO; WYCKHUYS, 2019). As principais ameaças às populações de insetos e mudanças na composição da comunidade relacionam-se às atividades humanas,

¹ Graduanda do Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Maranhão – CCA/UEMA.

² Docente do Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade do Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Maranhão – CCA/UEMA.

³ Pesquisador do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia (PPGA) da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA).

⁴ Docente do Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade do Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Maranhão – CCA/UEMA.

⁵ Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão – PPGA/UEMA.

⁶ Graduanda do Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Maranhão – CCA/UEMA.

como a perda de habitat por meio do desmatamento, expansão e intensificação agrícola, industrialização e urbanização (WAGNER, 2020), que em conjunto contribuíram com taxas de 30– 50% de invasão dos ecossistemas naturais no final do século 20 (SÁNCHEZ-BAYO; WYCKHUYS, 2019).

A degradação e simplificação da estrutura de habitats são reconhecidas como as ameaças mais imediatas à biodiversidade global (BENÍTEZ-MALVIDO *et al.*, 2016). As interações bióticas são forças importantes na estruturação de comunidades biológicas (WEBB *et al.*, 2002; BURSLEM; PINARD; HARTLEY, 2005), e a compreensão de como a fragmentação da floresta tropical afeta as formas pelas quais os organismos interagem dentro e através dos níveis tróficos é relevante para estudos de conservação (BENÍTEZ-MALVIDO *et al.*, 2016). Os novos ambientes que se desenvolvem após a fragmentação, geralmente, ficam fora da faixa de condições que ocorreram na floresta natural em que diferentes organismos interagem (EWERS; DIDHAM, 2006; LAURANCE; USECHE, 2009).

As múltiplas ameaças resultantes de atividades antrópicas têm consequências negativas não apenas para os próprios insetos, mas também para as espécies que interagem e dependem deles (LAMARRE *et al.*, 2020). No entanto, as respostas dos insetos às ameaças antrópicas estão, mesmo para espécies comuns, longe de serem bem compreendidas em ecossistemas tropicais. Por sua vez, o monitoramento contínuo e de longo prazo é urgentemente

necessário nas regiões tropicais para testar se os resultados dos estudos em sistemas temperados que mostram declínios dramáticos nas populações de insetos se aplicam globalmente (WAGNER, 2020).

De acordo com New (2009) há uma carência de dados específicos de diversos grupos de insetos bem como dos fatores responsáveis por afetar a distribuição e abundância de insetos nos mais variados habitats de interesse bioecológico. Neste contexto, insetos predadores generalistas do topo de cadeia alimentar conhecidos como crisopídeos (Insecta: Neuroptera) são considerados importantes inimigos naturais de diversos artrópodes fitófagos devido à eficiência de predação de larvas e adultos de algumas espécies pertencentes a família Chrysopidae (PAPPAS *et al.*, 2011).

Estudos com objetivo de avaliar padrões sazonais nas dinâmicas populacionais de Chrysopidae, mudanças na abundância de espécies e fatores ambientais sobre o mesmo sítio de estudo ao longo dos anos são escassos (SZENTKIRÁLYI, 2001). Tais estudos são cruciais para avaliar a resposta de numerosas gerações de espécies de crisopídeos sobre o efeito de diferentes variáveis de origem biótica ou abiótica. Como as alterações antrópicas variam no tempo e espaço em diferentes habitats, torna-se difícil prever quais características da história de vida de inimigos naturais são mais adaptadas às mudanças ao uso da terra (TYLIANAKIS *et al.*, 2005). Especificamente para representantes da família Chrysopidae, tais

estudos são preponderantes para a adoção de medidas conservacionistas de modo a garantir a manutenção e preservação de importantes serviços ambientais essenciais aos ecossistemas naturais ou manejados (McEWEN; NEW; WHITTINGTON, 2001).

No Maranhão, há uma carência de informações sobre a família Chrysopidae, portanto estudos como este são importantes para ampliar a distribuição desse grupo de insetos predadores. Dessa forma, espera-se que o conhecimento gerado auxilie na adoção de medidas conservacionistas da vegetação secundária (capoeiras) de modo a garantir a manutenção de importantes serviços ambientais essenciais para região alvo desta pesquisa. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi estimar a composição, diversidade e abundância de Chrysopidae (Insecta: Neuroptera) em fragmentos de vegetação secundária (capoeiras novas e velhas).

METODOLOGIA

Sítios de estudo

As amostragens de Chrysopidae foram realizadas em sítios de estudo localizados no Assentamento Tico-Tico, zona rural do Município de Miranda do Norte (3° 36' 44,70" S, 44° 34' 07,51" O, elevação 44 m). Dois tipos de uso da terra presentes na região foram selecionados para estudo: (i) capoeiras velhas (oriundas da fase de pousio da agricultura de corte e queima) com cerca de 50 anos de idade e constituídas por leguminosas arbóreas, sabiá (*Mimosa*

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE,
ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
caesalpiniifolia Benth), palmeira babaçu (*Attalea speciosa* Mart. ex.
Spreng), tucum (*Astrocaryum vulgare* Mart.), dentre outras espécies
vegetais; e (ii) capoeiras novas com aproximadamente 20 anos de
idade e caracterizadas pela presença de espécies arbóreo arbustivas
como o sabiá. Para cada sítio de estudo foram selecionadas cinco
repetições, totalizando dez áreas.

Coleta dos crisopídeos em campo

O método de captura dos crisopídeos foi por meio do uso de garrafas PET (volume de dois litros) com uma abertura lateral (3 x 3 cm) e distante 15 cm da base da garrafa. Cada garrafa PET (armadilha atrativa) foi preenchida com solução fermentada de melaço de cana-de-açúcar diluído em água a 5% e preparada com cinco dias de antecedência. O arranjo das armadilhas atrativas nos sítios de estudo obedeceu a seguinte disposição:

- Fragmentos de vegetação secundária (capoeiras novas e velhas) - nos locais de amostragem, as armadilhas foram dispostas em “varais” (linhas de náilon; n=4), cada um contendo cinco armadilhas a intervalos de dois metros. Os varais foram suspensos a 4 m de altura. No total, foram colocadas 20 armadilhas por sítio de estudo. O tempo de ação das armadilhas foi de quatro dias por expedição. As armadilhas foram preenchidas com 350 ml da solução de melaço de cana-de-açúcar no primeiro dia e inspecionadas no último dia de amostragem. As armadilhas foram distribuídas a partir

20 metros de distância das margens dos fragmentos para evitar efeito de borda. Após a inspeção de cada armadilha, os crisopídeos adultos foram transferidos para frascos com álcool 70% para conservação e identificação posterior em laboratório.

Identificação de crisopídeos coletados nos sítios de estudo

O reconhecimento das espécies de Chrysopidae foi realizado por meio de consulta a chaves dicotômicas, usando-se características morfológicas externas e da genitália interna dos adultos. Todas as espécies foram identificadas pelo Dr. Adriano S. Rêgo (PPGA/UEMA). Ademais, os espécimes foram comparados com o banco de dados de imagens digitalizadas dos tipos depositados no Museum National d'Histoire Naturelle (MNHN), Paris, França; Museum of Comparative Zoology (MCZ), Harvard University, Cambridge, MA, EUA; Museo de La Plata (MLP), La Plata, Argentina; Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" (MBR), Buenos Aires, Argentina; Fundación Miguel Lillo (FML), San Miguel de Tucumán, Argentina e The Natural History Museum, conhecido formalmente como British Museum of Natural History (BMNH), Londres, Inglaterra. Os espécimes identificados (espécimes "voucher") foram preservados em álcool 70% no interior de recipientes plásticos e montados em alfinetes entomológicos preservados a seco e acondicionados em caixa entomológica.

Variáveis ambientais de habitat

Variáveis abióticas foram medidas *in loco* em cada sítio de estudo para explicar padrões de riqueza e abundância de representantes de Chrysopidae. A temperatura e a umidade relativa do ar foram medidas mensalmente por meio de um termo-higrômetro digital portátil posicionado sobre o solo por 10 minutos.

Análise estatística

Foi realizada uma análise exploratória dos dados para identificar diferentes padrões na abundância e na riqueza de espécies nos dois sítios de estudo amostrados: capoeiras novas e velhas. Em seguida, foi construído um diagrama de Whittaker (MAGURRAN, 2013) considerando a dominância e a frequência das espécies em cada sítio de estudo.

A similaridade na composição de espécies da comunidade de crisopídeos coletadas nas capoeiras novas e velhas foi determinada por análise de agrupamento (Cluster Analysis), baseado na distância de Bray-Curtis por meio do uso do pacote *vegan* do programa R (R Core Team, 2021; versão 4.1.1).

Foi realizado um perfil de diversidade com base nas amostras da comunidade de crisopídeos coletados em fragmentos de vegetação secundária (capoeiras novas e velhas) usando a Série de Hill.

Foi utilizada uma Análise de Redundância (RDA), uma técnica de ordenação multivariada, para identificar a influência de variáveis ambientais abióticas (temperatura e umidade relativa do ar) sobre a composição e abundância das espécies de crisopídeos nos sítios de estudo. Para isto, foram utilizadas duas matrizes, uma com os dados ambientais e outra com dados da comunidade de crisopídeos. Posteriormente, foram obtidos os níveis de significância de todas as variáveis ambientais abióticas testadas sobre a composição de espécies e sítios de estudo, usando o método de interpretação que ajusta um vetor ou fator ambiental em uma ordenação por meio da função `envfit` do pacote `vegan` do programa R (R Core Team, 2021; versão 4.1.1). Após obter o valor de R^2 de cada variável, foi utilizado um processo de randomização para definir um subconjunto estatisticamente significativo de variáveis. Todas as análises foram realizadas usando o programa estatístico R.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período amostral da comunidade de Chrysopidae (quatro coletas) foram capturados 275 crisopídeos adultos, pertencentes à tribo Leucochrysiini (Tabela 1). Do total amostrado foi possível identificar 20 morfoespécies distribuídas no gênero *Leucochrysa* e subgênero *Nodita* (Tabela 1). Foi verificada maior abundância de espécimes nas capoeiras velhas em comparação às capoeiras novas (Tabela 1). As capoeiras velhas e novas apresentaram

valores médios de abundância de 28,4 e 26,2 indivíduos, respectivamente (Figura 1). Nos dois tipos de ambientes amostrados foi possível identificar duas espécies: *Leucochrysa (Nodita) postica* Navás (sp.1) e *Leucochrysa (Nodita) intermedia* (Schneider) (sp.2). Globalmente, *L. (N.) postica* foi a espécie mais abundante em termos absolutos e relativos durante o período amostral da comunidade de Chrysopidae (Tabela 1).

Tabela 1. Composição e abundância de espécies da família Chrysopidae amostradas em capoeiras novas e velhas localizadas no Assentamento Tico-Tico, Miranda-do-Norte.

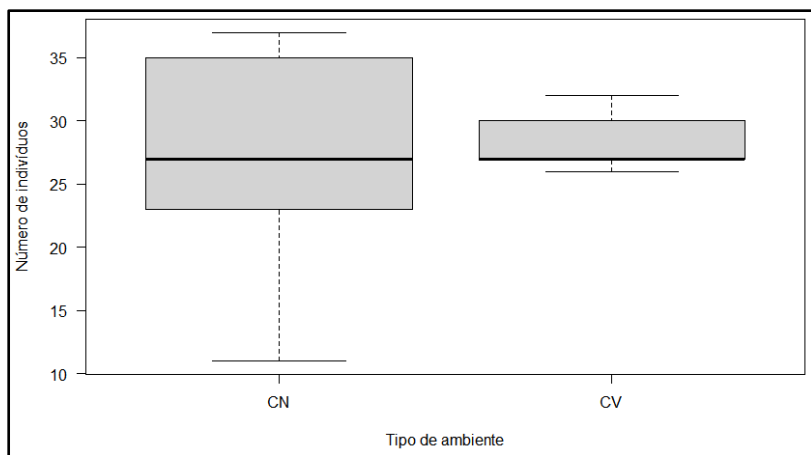
| Espécies | Abundância por área | | Abundância total | |
|-----------------------------------|---------------------|----------------|------------------|--------------|
| | Capoeira Nova | Capoeira Velha | Absoluta | Relativa (%) |
| <i>Leucochrysa (Nodita)</i> sp.1 | 82 | 100 | 182 | 66,18 |
| <i>Leucochrysa (Nodita)</i> sp.2 | 7 | 8 | 15 | 5,45 |
| <i>Leucochrysa (Nodita)</i> sp.3 | 10 | 8 | 18 | 6,55 |
| <i>Leucochrysa (Nodita)</i> sp.4 | 1 | 1 | 2 | 0,73 |
| <i>Leucochrysa (Nodita)</i> sp.5 | 6 | 7 | 13 | 4,73 |
| <i>Leucochrysa (Nodita)</i> sp.6 | 1 | 2 | 3 | 1,09 |
| <i>Leucochrysa (Nodita)</i> sp.7 | 3 | 3 | 6 | 2,18 |
| <i>Leucochrysa (Nodita)</i> sp.8 | 0 | 1 | 1 | 0,36 |
| <i>Leucochrysa (Nodita)</i> sp.9 | 0 | 1 | 1 | 0,36 |
| <i>Leucochrysa (Nodita)</i> sp.10 | 0 | 1 | 1 | 0,36 |
| <i>Leucochrysa (Nodita)</i> sp.11 | 2 | 0 | 2 | 0,73 |
| <i>Leucochrysa (Nodita)</i> sp.12 | 1 | 0 | 1 | 0,36 |
| <i>Leucochrysa (Nodita)</i> sp.13 | 6 | 4 | 10 | 3,64 |
| <i>Leucochrysa (Nodita)</i> sp.14 | 2 | 0 | 2 | 0,73 |
| <i>Leucochrysa (Nodita)</i> sp.15 | 4 | 3 | 7 | 2,55 |
| <i>Leucochrysa (Nodita)</i> sp.16 | 2 | 1 | 3 | 1,09 |
| <i>Leucochrysa (Nodita)</i> sp.17 | 1 | 0 | 1 | 0,36 |
| <i>Leucochrysa (Nodita)</i> sp.18 | 1 | 2 | 3 | 1,09 |
| <i>Leucochrysa (Nodita)</i> sp.19 | 3 | 0 | 3 | 1,09 |
| <i>Leucochrysa (Nodita)</i> sp.20 | 1 | 0 | 1 | 0,36 |
| Abundância | 133 | 142 | 275 | 100 |

Fonte: Elaborada pelos autores (2021)

Apesar das áreas de estudo apresentarem diferentes fitofisionomias, com características bióticas e abióticas distintas, os resultados das amostragens permitem inferir que, a maioria das morfoespécies coletadas foram compartilhadas entre as diferentes capoeiras amostradas (Tabela 1). No entanto, apenas *Leucochrysa* (*Nodita*) sp.11, sp.12, sp.14, sp.17, sp.19 e sp.20 foram exclusivas de capoeiras novas (Tabela 1). Em contraste, as capoeiras velhas apresentaram menor número de espécies exclusivas, *Leucochrysa* (*Nodita*) sp.8, sp.9 e sp.10 (Tabela 1).

Em relação à riqueza de espécies foi observada que as capoeiras novas apresentaram maior diversidade em comparação às capoeiras velhas (Figura 2). Devido aos poucos meses de amostragem de representantes de Chrysopidae nos sítios de estudo, ainda é precoce fazer predições acerca da contribuição das capoeiras em diferentes estágios de sucessão ecológica sobre a diversidade de crisopídeos. No entanto, sabe-se que a biodiversidade pode melhorar e estabilizar o funcionamento do ecossistema, portanto, identificar e fazer uso de indicadores ecológicos são medidas primordiais para a adoção de medidas conservacionistas em paisagens tropicais (UEHARA-PRADO *et al.*, 2009; ROLLIN *et al.*, 2019).

Figura 1. Abundância da comunidade de crisopídeos coletados em capoeira nova (CN) e velha (CV) no assentamento Tico-Tico, zona rural do Município de Miranda do Norte (Medianas e limites superior e inferior são apresentados).



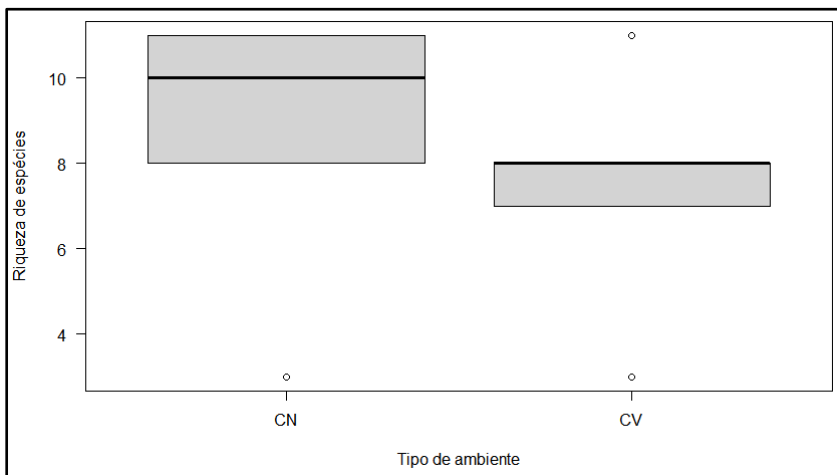
Fonte: Elaborada pelos autores (2021)

A predominância do gênero *Leucochrysa* nas capoeiras amostradas era esperada, haja vista que, este gênero abriga ampla diversidade de espécies em ambientes florestais (SILVA-FILHO, 2011; TEODORO, 2012; RÊGO, 2015). Representantes de *Leucochrysa* se distribuem ao longo do continente americano habitando preferencialmente as florestas tropicais das Américas do Sul e Central, onde são encontradas com elevada abundância e riqueza (PENNY, 1977; PENNY *et al.*, 1997). De acordo com Rêgo (2015), o Brasil tem registrado 77 espécies pertencentes ao gênero *Leucochrysa*.

Analisando-se a abundância total das espécies amostradas nos sítios de estudo foi observado dominância de *L. (N.) postica* (sp.1)

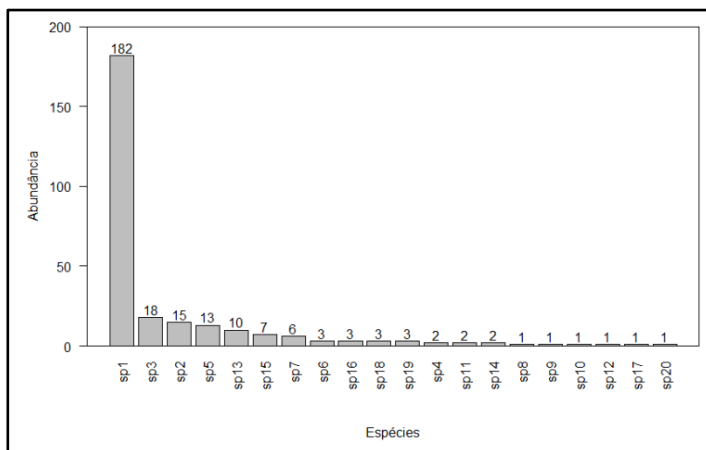
(Tabela 1; Figuras 3 e 4). Apesar da capoeira nova apresentar maior número de espécies (n=17) em comparação a capoeira velha (n=14) (Tabela 1), houve maior abundância de *L. (N.) postica* na capoeira velha (Figuras 3 e 4). A abundância relativa conjunta (capoeira nova e velha) de *L. (N.) postica* foi 12,14 vezes superior à registrada para *L. (N.) intermedia*. Os resultados permitem inferir que *L. (N.) postica* está mais adaptada aos habitats estudados e, possivelmente, na busca por recursos presentes nos ambientes amostrados. Portanto, é de suma importância ampliar o esforço amostral das coletas e estudar a história de vida dessa espécie em capoeiras em diferentes estágios sucessionais. Os crisopídeos são insetos com grande plasticidade ecológica pois são encontrados em abundância nos mais variados ambientes, tais como agroecossistemas e remanescentes de mata primária ou secundária (FREITAS; PENNY, 2001; SILVA-FILHO, 2011; TEODORO, 2012).

Figura 2. Riqueza de espécies de crisopídeos coletados em capoeiras novas (CN) e velhas (CV) no Assentamento Tico-Tico, zona rural do Município de Miranda do Norte (Medianas e limites superior e inferior são apresentados).



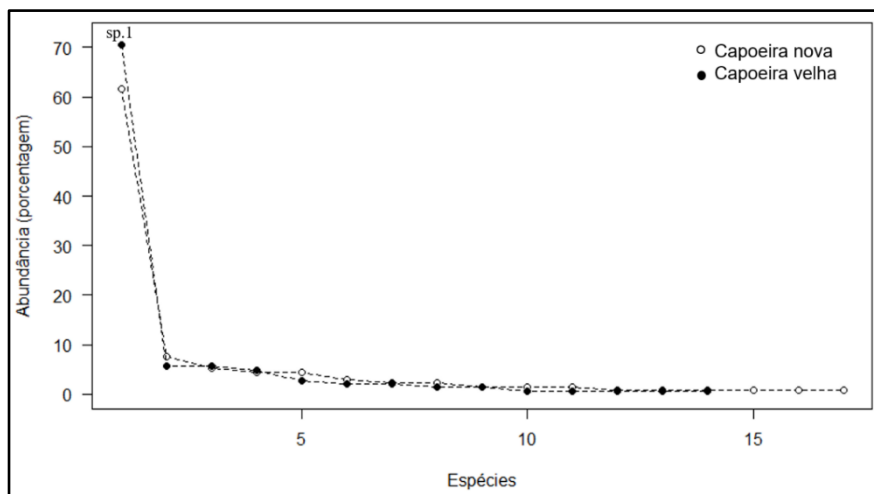
Fonte: Elaborada pelos autores (2021)

Figura 3. Abundância total da comunidade de crisopídeos coletados em capoeira nova e velha no Assentamento Tico-Tico, zona rural do Município de Miranda do Norte.



Fonte: Elaborada pelos autores (2021)

Figura 4. Diagrama de Whittaker da abundância relativa da comunidade de crisopídeos coletados em fragmentos de vegetação secundária (capoeiras novas e velhas) no Assentamento Tico-Tico, zona rural do Município de Miranda do Norte.

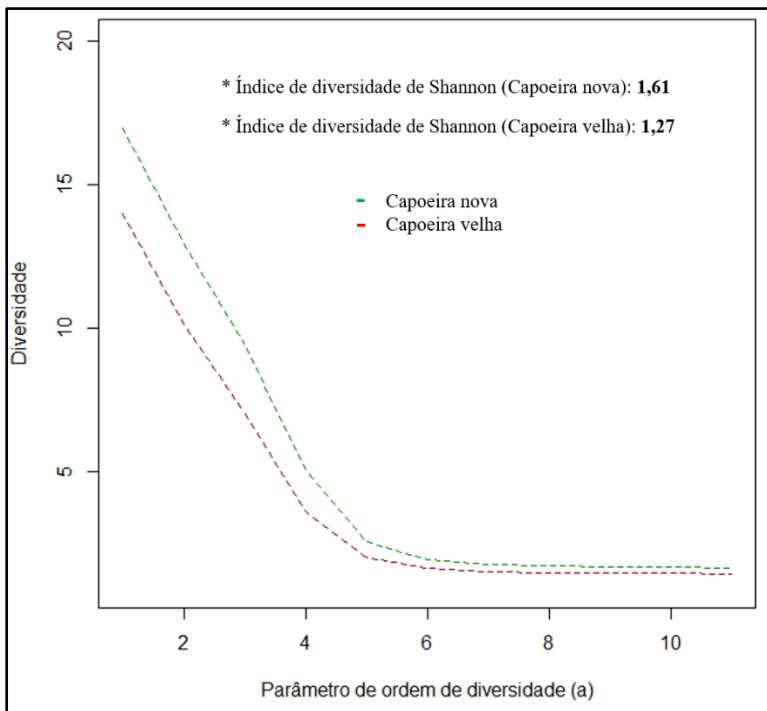


Fonte: Elaborada pelos autores (2021)

A maior diversidade e equabilidade encontradas nas capoeiras novas (Figura 5) (20 anos de pousio) revela a importância desse uso da terra para a conservação da biodiversidade de crisopídeos em paisagens pouco diversas e dominadas por agroecossistemas. Áreas florestais preservadas possuem um ambiente mais estável e com alta complexidade estrutural (THOMAZINI; THOMAZINI, 2000). Esses tipos de ambiente podem servir como refúgios ecológicos, pois a potencialidade de nichos ecológicos é mais alta e, portanto, essas regiões são capazes de suportar maior diversidade de espécies (DUELLI *et al.*, 2002). Capoeiras podem ter um papel essencial na

conservação de espécies, pois fornecem condições microclimáticas e uma variedade de recursos muitas vezes não encontrados em ambientes agrícolas (MATOS *et al.*, 2016).

Figura 5. Perfil de diversidade da comunidade de crisopídeos coletados em fragmentos de vegetação secundária (capoeiras novas e velhas) usando a Série de Hill. Para o parâmetro $a = 0$, o valor de diversidade é igual ao número de espécies na amostra.

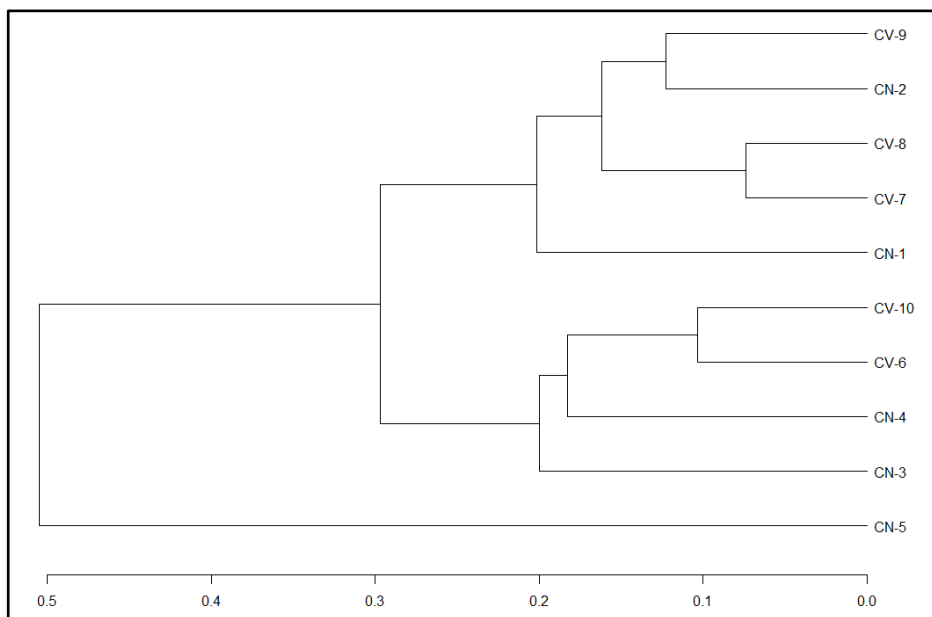


Fonte: Elaborada pelos autores (2021)

A Análise de Agrupamento revelou diferenças na composição da comunidade de crisopídeos baseado no Índice de Similaridade de Bray-Curtis (Figura 6). No dendrograma houve a formação de três

grupos distintos (ponto de corte: 0,3; Figura 6). Com exceção da área 9, todas as demais capoeiras velhas formaram pares com as menores distâncias e, portanto, foram mais similares em termos de composição e abundância de espécies (Figura 6). A capoeira nova de número 5 foi a área mais distinta entre todas as demais capoeiras amostradas. O coeficiente de correlação cofenética foi de 0,92, indicando boa confiabilidade dos dados na geração do dendrograma já que esta mede o grau de ajuste entre a matriz original e a matriz resultante do agrupamento dos dados (MAGURRAN, 2011). Fragmentos florestais e tipos de uso da terra mais similares à vegetação original como capoeiras, encontram-se, em geral, distribuídos em uma matriz agrícola e também contribuem para a manutenção da biodiversidade (MATOS *et al.*, 2016). De fato, na região de estudo a paisagem é composta por uma matriz formada por agroecossistemas e capoeiras de diferentes idades, tamanhos e estágios sucessionais. É esperado um incremento no número de espécies de crisopídeos à medida que novas expedições sejam realizadas nas áreas de capoeiras novas e velhas no Assentamento Tico-Tico.

Figura 6. Dendrograma de Análise de Agrupamento (UPGMA), utilizando o índice de similaridade de Bray-Curtis para os fragmentos de vegetação secundária (Capoeiras Novas - CN e Capoeiras Velhas - CV) no Assentamento Tico-Tico, zona rural do Município de Miranda do Norte. Coeficiente de Correlação Cofenética: 0,92.

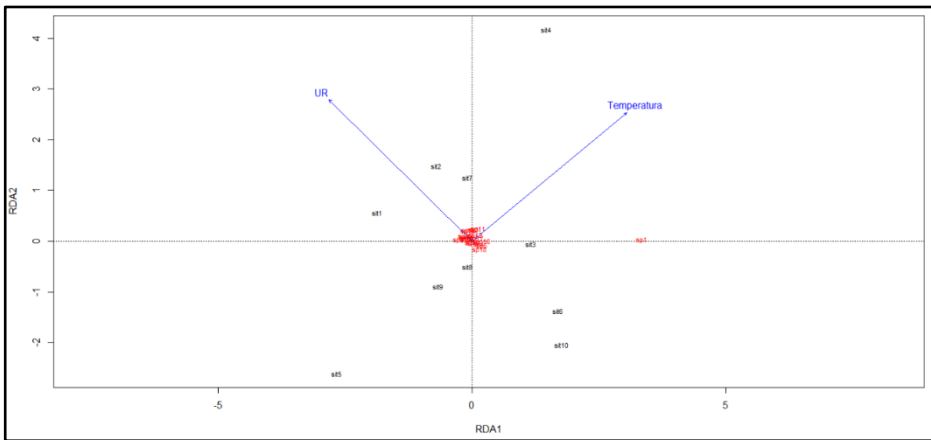


Fonte: Elaborada pelos autores (2021)

A Análise de Redundância (RDA) revelou efeitos significativos das variáveis ambientais abióticas (temperatura e umidade relativa) sobre a composição e abundância das espécies de crisopídeos ($F_{2,7}=7,53$; $P=0,002$). No modelo, 68,27% da variação conjunta na estrutura da comunidade de crisopídeos foi explicada pelas variáveis ambientais abióticas. A variância explicada pelo primeiro componente (RDA₁) foi de 97,55%, enquanto o segundo componente (RDA₂) explicou apenas 2,45%. O coeficiente de determinação (R^2)

para a temperatura ($R^2 = 0,58$; $P = 0,046$) e umidade relativa ($R^2 = 0,81$; $P = 0,004$) foram significativos. No entanto, a temperatura foi a variável abiótica que mais influenciou a abundância de *L. (N.) postica* (sp.1) nos sítios de estudo (Figura 7).

Figura 7. Diagrama da Análise de Redundância (RDA) com a disposição das unidades amostrais, espécies e variáveis ambientais abióticas nos dois primeiros eixos de ordenação (RDA 1 e 2).



Os vetores das variáveis ambientais abióticas indicam a grandeza e o sentido das variações. Legenda da figura: Sítios de 1-5 (sit., capoeiras novas); Sítios de 6-10 (sit., capoeiras velhas); Temperatura (°C); Umidade Relativa (UR%); Composição de espécies (sp.1 a sp.20).

Fonte: Elaborada pelos autores (2021)

Em fragmentos florestais, a riqueza e abundância dos crisopídeos são influenciadas por fatores bióticos e abióticos (SZENTKIRÁLYI, 2001; SILVA-FILHO, 2011; TEODORO, 2012). Fatores relacionados ao tempo e clima podem afetar tanto a densidade populacional quanto a distribuição de várias espécies de

artrópodes (ROSADO *et al.* 2015; SILVA *et al.*, 2018). Em nível local, variáveis ambientais abióticas bem como interações entre esses fatores, podem influenciar a dinâmica populacional de inimigos naturais. A variação sazonal de variáveis climáticas tais como a temperatura e umidade relativa podem ser as mais importantes causas de mudanças na densidade de artrópodes (TEODORO *et al.*, 2008).

CONCLUSÕES

As capoeiras velhas apresentam maior abundância de espécimes em comparação às capoeiras novas. *Leucochrysa*. (*Nodita*) *postica* (sp.1) é a espécie dominante em ambas as capoeiras. A maior diversidade e equabilidade de espécies ocorre nas capoeiras novas em contraste às capoeiras velhas. As variáveis ambientais abióticas (temperatura e umidade relativa do ar) influenciam na composição e abundância das espécies de crisopídeos amostradas.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) pela concessão da bolsa de Iniciação Científica (PIBIC/FAPEMA) para a primeira autora. Aos produtores do Assentamento Tico-Tico, localizado no município de Miranda do Norte, pela disponibilização das áreas de

estudo. Esta pesquisa foi apoiada pelo Edital FAPEMA nº 002/2019 – UNIVERSAL (Processo 01123/19).

REFERÊNCIAS

BASSET, Y.; LAMARRE, G. P. A. Toward a world that values insects. **Science** v. 364, p.1230-1231, 2019.

BENÍTEZ-MALVIDO J, DÁTTILO W, MARTÍNEZ- FALCÓN AP, DURÁN-BARRÓN C, VALENZUELA J, LÓPEZ S, LOMBERA, R. The Multiple Impacts of Tropical Forest Fragmentation on Arthropod Biodiversity and on their Patterns of Interactions with Host Plants. **PLoS ONE**, v.11, n.1, e0146461, 2016. doi:10.1371/journal.pone.0146461

BURSLEM, D. F. R. P.; PINARD, M. A.; HARTLEY, S. E. **Biotic interactions in the tropics: their role in the maintenance of species diversity**. Cambridge: Cambridge University Press. 2005.

DUELLI, P.; OBRIST, M. K.; FLÜCKIGER, P. F. Forest edges are biodiversity hotspots - also for Neuroptera. **Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae**, v.48, n.2, p.75-87, 2002.

EWERS, R. M.; DIDHAM, R. K. Confounding factors in the detection of species responses to habitat fragmentation. **Biological Reviews**, v.81, n.1, p.117-142, 2006.

FREITAS, S.; PENNY, N. D. The green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) of Brazilian agroecosystems. **Proceedings of the California Academy of Sciences**, v. 52, n.4, p. 245-395, 2001.

LAMARRE, G. P. A., FAYLE, T. M., SEGAR, S. T., LAIRD-HOPKINS, B. C., NAKAMURA, A., SOUTO-VILARÓS, D., WATANABEI, S.; BASSET, Y. (2020). Monitoring tropical insects in the 21st century. **Advances in Ecological Research**, v. 62, p. 295-330, 2020.

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE,
ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

LAURANCE, W.F.; USECHE, D. C. Environmental synergisms and extinctions of tropical species. **Conservation Biology**, v.23, n.6, p.1427-1437, 2009.

MAGURRAN, A. E. **Medindo a Diversidade Biológica**. Curitiba: UFPR, 2011.

MATOS, M. C. B.; SILVA, S. S.; TEODORO, A. V. Seasonal population abundance of the assembly of solitary wasps and bees (Hymenoptera) according to land-use in Maranhão state, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v.60, n.2, p.171-176, 2016.

MCEWEN, P. K.; NEW, T. R.; WHITTINGTON, A. E. **Lacewings in the Crop Environment**. London: Cambridge University Press, 2001.

NEW, T. R. **Insect Species Conservation**. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

PAPPAS, M. L; BROUFAS, G. D; KOVEOS, D. S. Chrysopid predators and their role in biological control. **Journal of Entomology**, v.8, n3, p. 301-326, 2011.

PENNY, N. D. (1977) Lista de Megaloptera, Neuroptera e Raphidioptera do México, América Central, ilhas Caraíbas e América do Sul. **Acta Amazonica**, v.7, n4, p.1-61, 1977.

PENNY, N. D.; ADAMS, P. A.; STANGE, L. A. Species catalog of the Neuroptera, Megaloptera, and Raphidioptera of America north of Mexico. **Proceedings of the California Academy of Sciences**, v.50, n.3, p.39-114, 1997.

R CORE TEAM (2021). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>

RÊGO, A. S. **Descrição e análise da variabilidade de um complexo de espécies de Leucochrysa (Nodita) (Neuroptera, Chrysopidae) da Mata Atlântica, com base em caracteres de adultos. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Campos dos Goytacazes – RJ, 2015.**

ROLLIN, O.; PÉREZ-MÉNDEZ, N.; BRETAGNOLLE, V.; HENRY, M. Preserving habitat quality at local and landscape scales increases wild bee diversity in intensive farming systems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.275, p.73-80, 2019.

ROSADO, J. F.; PICANÇO, M. C.; SARMENTO, R. A.; SILVA, R. S.; MARÇAL, P.N.; CARVALHO, M.A.; ERASMO, E. A. L.; SILVA, L. C. R. Seasonal variation in the populations of Polyphagotarsonemus latus and Tetranychus bastosi in physic nut (Jatropha curcas) plantations. **Experimental and Applied Acarology**, v.66, p.415-426, 2015.

SÁNCHEZ-BAYO, F.; WYCKHUYS, K. A. G. Worldwide decline of the entomofauna: a review of its drivers. **Biological Conservation**, v. 232, p. 8-27, 2019.

SILVA-FILHO, G. **Propriedades das taxocenoses de Chrysopidae (Insecta, Neuroptera) em remanescentes de Mata Atlântica nas regiões do Parque Estadual do Desengano e da Reserva Biológica União, RJ, e biologia de Leucochrysa (Nodita) paraquaria (Navás), espécie abundante nesse bioma. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2011.**

SILVA, F. G.; PASSOS, E. M.; DINIZ, L. E. C.; FERNANDES, M. F.; BARTLETT, C. R.; DOLLET, M.; TEODORO, A. V. Relative

contribution of rainfall and coconut hybrids to the abundance and composition of the Auchenorrhyncha community as potential vectors of phytoplasmas in the state of Sergipe, Brazil. **Agricultural and Forest Entomology**, v.21, n.2, p.190-198, 2018.

SZENTKIRÁLYI. Ecology and habitat relationships. In: MCEWEN, P.; NEW, T.; WHITTINGTON, A. E. (eds.). **Lacewings in the Crop Environment**. London: Cambridge University Press, 2001.

TEODORO, T. B. P. **Caracterização da Taxocenose de Chrysopidae (Insecta, Neuroptera) na Reserva Biológica De Sooretama, ES. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2012.**

TEODORO, A. V.; KLEIN, A. M.; TSCHARNTKE, T. Environmentally mediated coffee pest densities in relation to agroforestry management, using hierarchical partitioning analyses. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.125, n.4, p.120-126, 2008.

THOMAZINI, M.J., THOMAZINI, A.P.B.W. **A fragmentação florestal e a diversidade de insetos nas florestas tropicais úmidas**. Rio Branco: Embrapa Acre (Documentos, 57), 2000.

TYLIANAKIS, J. M.; KLEIN, A. M.; TSCHARNTKE, T. Spatiotemporal variation in the diversity of hymenoptera across a tropical habitat gradient. **Ecology**, v.86, n.12, p.3296-3302, 2005.

UEHARA-PRADO, M.; FERNANDES, J. O.; BELLO, A. M.; MACHADO, G.; SANTOS, A. J.; VAZ-DE MELLO, F. Z.; FREITAS, A. V. L. Selecting terrestrial arthropods as indicators of small-scale disturbance: a first approach in the Brazilian Atlantic forest. **Biological Conservation**, v. 142, n.6, p. 1220-1228, 2009.

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE,
ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

WAGNER, D. L. Insect Declines in the Anthropocene. **Annual Review of Entomology**. v. 65, p. 457-480, 2020.

**ANÁLISE DA ASSISTÊNCIA TÉCNICA PRESTADA PELOS
ÓRGÃOS PÚBLICOS AOS AGRICULTORES FAMILIARES: o
caso dos produtores de hortaliças da microrregião
aglomeração urbana de São Luís – MA**

Flávia Myllena dos Santos Araujo ¹

Ana Maria Aquino dos Anjos Ottati²

INTRODUÇÃO

A produção de hortaliças é uma atividade quase sempre presente em pequenas propriedades familiares, seja como atividade de subsistência e/ou com a finalidade da comercialização do excedente agrícola em pequena escala. Segundo Vieira *et al.* (2014), dentre os diversos tipos de produtos cultivados pelos agricultores familiares, as hortaliças destacam-se, pois além de enriquecer e complementar a sua dieta possibilitam um retorno econômico rápido, servindo então de suporte a outras explorações com retorno de médio a longo prazo.

Para tanto, a produção de hortaliças, seja comercial ou para a subsistência, possui um papel importante para a atividade agrícola familiar, contribuindo para o seu fortalecimento e garantindo sua sustentabilidade.

De acordo com a EMBRAPA (2007), é importante que os agricultores familiares se apropriem dos conhecimentos e

¹ Graduanda do Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Maranhão - CCA/UEMA.

² Doutora em Desenvolvimento Rural pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Profa. do Departamento de Economia Rural do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Maranhão - DER/CCA/UEMA.

tecnologias disponíveis para o cultivo de hortaliças. Para isso, a Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER) tem um papel muito importante para o fortalecimento dessa categoria de produtores por garantir qualificação e conhecimento técnico a todos os produtores do país. Também possibilita que um maior número de produtores rurais tenha acesso às tecnologias e pesquisas desenvolvidas no país para o setor agropecuário para que haja aumento da produtividade e renda das famílias que vivem no campo, além de ampliar o acesso da população rural às políticas públicas como o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), Programa de Aquisição de alimentos (PAA), Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), entre outras.

Segundo Brasil (2014), para que a agricultura familiar consiga produzir alimentos têm sido indispensáveis alguns serviços que colaboram fortemente para que este segmento alcance boa produção e melhorias na qualidade de vida dos seus membros familiares e, entre estes, destacam-se os serviços de assistência técnica e extensão rural.

No Brasil cresceu muito esta modalidade de prestação de serviço, mas ainda há muito que ser aprimorado. A ATER está regulamentada na Lei nº 12.188 de 11 de janeiro de 2010, na qual é definida da seguinte forma:

Serviço de educação não formal de caráter continuado, no meio rural, que promove o processo de gestão, produção, beneficiamento e comercialização das atividades e dos serviços agropecuários, inclusive das

Para a Secretaria de Agricultura Familiar e Cooperativismo (SAF), o principal objetivo dos serviços de Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER) é melhorar a renda e a qualidade de vida das famílias rurais, por meio do aperfeiçoamento dos sistemas de produção, de mecanismo de acesso a recursos, serviços e renda, de forma sustentável (EMATER, 2020). Também possibilita que um maior número de produtores rurais tenha acesso às tecnologias e pesquisas desenvolvidas no país para o setor agropecuário, para que haja aumento da produtividade e renda das famílias que vivem no campo, além de ampliar o acesso da população rural às políticas públicas institucionais.

Os serviços de assistência técnica e extensão rural quando bem estruturados e fortes, são capazes de transferir as tecnologias geradas pela pesquisa aos agricultores, possibilitando a esses o emprego de novas dinâmicas nas formas de produção, o que tem grande peso na promoção do crescimento e desenvolvimento do meio rural. Sendo assim, a assistência técnica e extensão rural são serviços de importância fundamental no processo de desenvolvimento rural e da atividade agropecuária.

Uma das diferenças entre as regiões com relação à assistência técnica é o papel das cooperativas de produtores rurais. No Sul a proporção de agricultores que aderem ao sistema de cooperativas é maior do que nas demais regiões brasileiras. Como consequência

dessa maior taxa de adesão, as cooperativas nesta região têm um papel mais relevante em oferecer assistência técnica para seus associados (CASTRO, 2015).

Outro fato, é que em muitos casos esta assistência recebida por alguns produtores é escassa e não contínua. O que não se pode negar é que a assistência técnica aliada à extensão rural, quando bem estruturadas, contribui na organização e no melhor desempenho da atividade agropecuária, garantindo melhorias e o desenvolvimento para o setor rural (NUNES, 2014). Nesse contexto, o presente trabalho teve por objetivo analisar a contribuição do serviço de Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER) na produção familiar de hortaliças na Microrregião Aglomeração Urbana de São Luís – MA.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Olericultura no Brasil de hoje é uma atividade de grande importância social, econômica, industrial e alimentar. Olericultura é um termo técnico-científico utilizado no meio agrícola, que significa produção de hortaliças (ou cultivo de hortaliças). É um termo derivado do latim *oleris* (hortaliça) e *colere* (cultivar). As hortaliças, também chamadas de verduras ou legumes, são aquelas plantas que possuem algumas características em comum: possuem consistência tenra; são plantas normalmente não lenhosas; são de ciclo biológico curto; e, normalmente, são cultivadas em áreas menores (PEREIRA; PEREIRA, 2016).

A maior importância social da Olericultura se dá pela geração de empregos diretos, ou seja, daqueles trabalhadores que estão ligados diretamente ao plantio, à execução de tratamentos culturais e colheita, incluindo operadores de máquinas agrícolas ou mesmo pessoas ligadas à administração das fazendas produtoras. Estima-se que cada hectare plantado com hortaliças possa gerar, em média, entre 3 e 6 empregos diretos e um número idêntico indiretos (MELO; VILELA 2007). Sem esquecer os que trabalham vendendo olerícolas nas feiras livres, supermercados, sacolões e, até mesmo na rua.

A Olericultura, além de suprir as necessidades nutricionais da família, pode também ser uma atividade lucrativa. É uma atividade que pode ser desempenhada por toda a família para a complementação da alimentação por serem fonte de fibras, vitaminas, proteínas e minerais indispensáveis ao ser humano (EMBRAPA, 2012). A olericultura tem particularidades que a diferenciam de outros setores do agronegócio, notadamente em relação às culturas de grãos. A característica mais marcante da exploração olerícola, advém do fato das hortaliças constituírem um grupo diversificado de plantas abrangendo mais de uma centena de espécies cultivadas de forma temporária (MELO; VILELA, 2007)

As hortaliças desempenham um papel importante na alimentação humana. O hábito de se produzir e consumir hortaliças foram introduzidos no Brasil ainda na época da colonização portuguesa (MELO; MELO, 2016). Os legumes e as verduras,

alimentos tão comuns no nosso dia a dia, pertencem ao grupo das hortaliças. Este grupo compreende todos os vegetais cultivados em horta, cujas partes são comestíveis: caule, raízes, folhas, flores, frutos e sementes.

Nos diversos agroecossistemas do território nacional, as hortaliças são produzidas, predominantemente, pelo sistema de cultivo convencional, mas nos últimos anos, têm se verificado um significativo crescimento de cultivos diferenciados com destaque para aqueles em ambiente protegido e em sistemas de cultivo orgânico. Outro aspecto peculiar é que a maior parte da produção de hortaliças (60%) está concentrada em propriedades de exploração familiar com menos de 10 hectares intensivamente utilizadas, tanto no espaço quanto no tempo.

Desde os anos 90, tem-se falado em agricultura familiar substituindo-se os termos “pequena produção” e “agricultura de subsistência”. Conforme a Lei no 11.326/2006 é considerado agricultor familiar e empreendedor familiar rural:

Aquele que pratica atividades no meio rural, possui área de até quatro módulos fiscais, mão de obra da própria família, renda familiar vinculada ao próprio estabelecimento e gerenciamento do estabelecimento ou empreendimento pela própria família. Também são considerados agricultores familiares: silvicultores, aquicultores, extrativistas, pescadores, indígenas, quilombolas e assentados da reforma agrária (BRASIL, 2019).

No Brasil, na sua maioria, os agricultores que se enquadram nesta definição, exploram minifúndios e vivem em condições de pobreza. A produção é diversificada e enfrentam grande dificuldade em comercializar sua produção pela falta de uniformidade, qualidade e quantidade, fatores que poderiam ser superados pela assistência técnica. Mesmo assim, encontramos os mais diversos produtos oriundos da produção destes produtores, fato que é confirmado por Pedroso (2006, p. 2) ao se referir ao funcionamento da agricultura familiar:

O seu funcionamento também é orientado para o atendimento das necessidades da família e para a manutenção, a longo prazo, das potencialidades produtivas do meio natural. Para contemplar suas necessidades básicas produtivas, normalmente forma-se um conjunto diversificado, com horta, roça, pomar e integração da produção animal à vegetal.

Assim, potencialmente a produção familiar pode garantir a segurança alimentar no Brasil e aumentar a geração de renda dessas famílias, pois, juntas ocupam 77% dos estabelecimentos rurais do país, 79% do Nordeste. Especificamente no Maranhão esse número ainda é maior, representa 85% dos estabelecimentos. Estes estabelecimentos se caracterizam pela baixa produção e produtividade, baixo poder aquisitivo e pouco acesso às tecnologias. Mas, mesmo nestas condições, dados do Censo agropecuário 2017 mostram que de toda a produção do Estado, estes estabelecimentos são responsáveis por 89% das lavouras temporárias (arroz, milho, feijão, mandioca, etc), 86% das lavouras permanentes, 91% do cultivo

de hortaliças, legumes e outros produtos da horticultura, 89% do cultivo de flores, folhagens e plantas ornamentais, 87% da produção de suínos, 83% da produção das aves e 79% da produção de bovinos (IBGE, 2017).

Esses dados só reafirmam a importância da ATER para o fortalecimento da agricultura familiar, assim sendo, além de promover o desenvolvimento rural sustentável, a mesma destaca a promoção do desenvolvimento endógeno, com abordagem sistêmica, com metodologia participativa e com princípios agroecológicos como paradigma.

Segundo o Ministério de Desenvolvimento Agrário (2008), a ATER pública deve atuar partindo do conhecimento e análise dos agroecossistemas, adotando um enfoque integrador de estratégias de desenvolvimento através da visão sistêmica que precisa primar pela equidade social dos agentes e pelo processo produtivo dinâmico, com base em tecnologias que se aproximam ao contexto ímpar de cada agroecossistema.

No Brasil cresceu muito essa modalidade de prestação de serviço, mas ainda há muito o que ser aprimorado. Atualmente, a ATER garante qualificação e conhecimento para agricultores familiares em todo o País. Também possibilita que um maior número de produtores rurais tenha acesso às tecnologias e pesquisas desenvolvidas no país para o setor agropecuário, para que haja

aumento da produtividade e renda das famílias que vivem no campo além de ampliar o acesso da população rural às políticas públicas

Para que a agricultura familiar consiga produzir grande quantidade de alimentos têm sido indispensáveis alguns serviços que colaboram fortemente para que este segmento alcance boa produção e melhorias na qualidade de vida dos seus membros familiares, entre esses serviços destacam-se: os serviços de assistência técnica e extensão rural (BRASIL, 2014). Esses serviços quando bem estruturados e fortes, são capazes de transferir as tecnologias geradas pela pesquisa aos agricultores, possibilitando a estes o emprego de novas dinâmicas nas formas de produção, o que tem grande peso na promoção do crescimento e desenvolvimento do meio rural. Sendo assim, a assistência técnica e extensão rural são serviços de importância fundamental no processo de desenvolvimento rural e da atividade agropecuária.

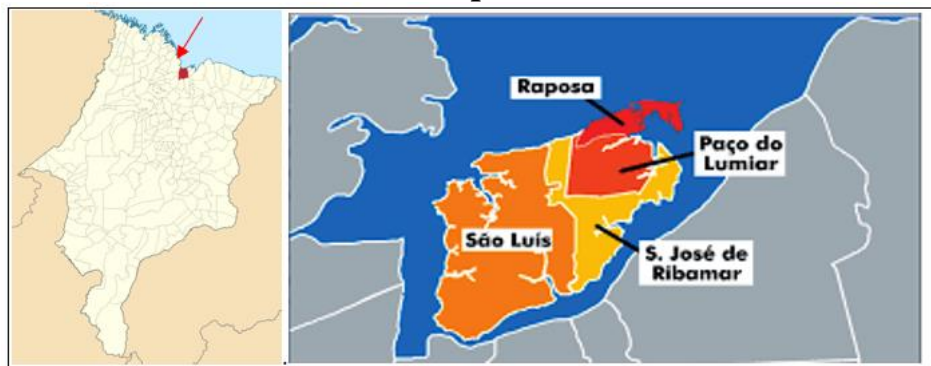
Porém, grande parte dos agricultores familiares não recebe esse tipo de serviço e orientação, mesmo depois da Lei nº 11.326, 24 de julho de 2006 que estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais (Brasil, 2006). Outro fato é que em muitos casos esta assistência recebida por alguns produtores é escassa e não contínua. O que não se pode negar é que a assistência técnica aliada à extensão rural, quando bem estruturadas, contribui na organização

e no melhor desempenho da atividade agropecuária, garantindo melhorias e o desenvolvimento para o setor rural.

METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado nos Municípios de São Luís, São José de Ribamar, Raposa e Paço do Lumiar (Figura 1). Vale ressaltar a importância de estudar esta região geograficamente delimitada, ou seja, os quatro municípios, por dois motivos: o primeiro é pelo fato de que, com uma maior divisão municipal do Estado em 1994/95, alguns produtores que antes faziam parte do município de São Luís hoje podem residir em comunidades que atualmente fazem parte dos municípios de Paço do Lumiar e São José de Ribamar, as áreas de produção de hortaliças às vezes estão na divisa dos municípios; o segundo motivo diz respeito a possibilidade de análise de municípios próximos e comparação das características.

**Figura 1 – Microrregião Aglomeração Urbana de São Luís –
Municípios de São Luís, São José de Ribamar, Paço do Lumiar
e Raposa**



Fonte:

<https://www.google.com/search?q=mapa+da+ilha+de+s%C3%A3o+luis+do+mara+nh%...> (2020).

A pesquisa é do tipo descritivo, segundo Gill (2006) esse tipo de pesquisa tem como objetivo descrever as características de uma população e é a mais usada nas pesquisas sociais e, são também, de grande importância para avaliar políticas públicas. A pesquisa utilizou de métodos quantitativos e qualitativos. Para Dalfovo *et al.* (2008), o método quantitativo caracteriza-se pelo emprego de quantificação, tanto nas modalidades de coleta de informações, quanto no tratamento desses por meio de técnicas estatísticas. O método qualitativo se caracteriza por um maior foco na compreensão dos fatos.

Foram utilizados dados primários e secundários. Os dados primários foram coletados através da aplicação de questionários *in loco*, através de visitas e conversas informais junto aos produtores

nas propriedades seguindo todos os protocolos de distanciamento, uso de máscaras e higiene das mãos, assim como da ferramenta Google Forms durante o período mais crítico da pandemia da Covid-19. Os dados secundários foram obtidos através de visitas às secretárias de agricultura dos municípios, associações de produtores, Agência Estadual de Pesquisa Agropecuária de Extensão Rural do Maranhão (AGERP), Serviço Brasileiro de Apoio às Micro, Pequenas Empresas (SEBRAE), Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR), Secretaria de Agricultura Pecuária e Pesca (SAGRIMA) e Instituto de Agronegócios do Maranhão (INAGRO).

Neste trabalho, estão apresentados dados de 75 questionários aplicados nas Comunidades Matinha, São Joaquim, Maracanã, Itapera, Cajupary e Arraial, todas do município de São Luís; Iguaiaba, Novo Horizonte, Pau Deitado e Mojó do município de Paço do Lumiar; Itaparaty, Mata, e Panaquatira do município de São José de Ribamar e; Alto da base, Cumbique e Caura do Município de Raposa. O questionário foi composto por perguntas abertas e fechadas

A definição da amostra foi feita após o levantamento das comunidades assistidas pelos órgãos/instituições. Após as informações sobre as Comunidades, foi utilizada a amostragem não probabilística. Segundo Oliveira (2001, p. 2), ao utilizar uma amostra não probabilística “o pesquisador seleciona membros da população mais acessíveis”. Nesse caso, a amostra foi definida de acordo com o acesso e disponibilidade dos produtores. As variáveis estudadas

foram referentes à caracterização econômica, social, produtiva e de comercialização.

Após a coleta e tabulação dos dados, realizou-se a análise estatística através do Programa Excel (Microsoft Office Excel). Os resultados foram apresentados em números percentuais, tabelas e gráficos com o objetivo de simplificar e tornar os dados mais facilmente perceptíveis.

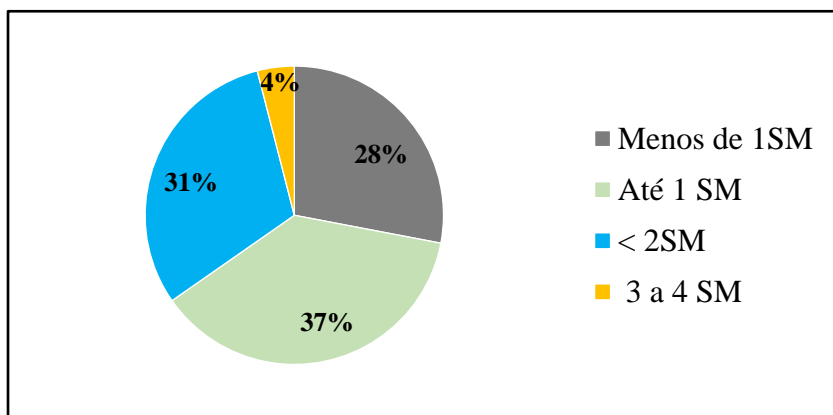
RESULTADOS E DISCUSSÕES

No município de São Luís os dados mostram que a atividade principal é a agricultura e que 11 dos produtores completam a renda familiar com outras atividades, sendo elas corretor, comercios locais, faxineiros e professores em escolas da comunidade, trabalhos de pedreiro e auxiliar de pedreiros e segurança em empresas privadas. Enquanto que nos Municípios de Paço do Lumiar e São José de Ribamar, as atividades são diversificadas: secretários de ONGs, diaristas e Trabalhadores no Sindicato Rural.

Observa-se que os chefes de famílias possuem em média 58 anos de idade, somente oito recebem a aposentadoria e um recebe pensão (12%) e 19 são beneficiados pelos programas sociais do governo (Bolsa Família e Bolsa Escola), porém encontramos agricultores que declararam que vivem exclusivamente da produção agrícola (62,7%). Com base nesses agricultores, fica claro a importância de ter um acompanhamento técnico para garantir

geração de renda e qualidade de vida dessas famílias, pois o sustento advém do plantio e cultivo de hortaliças. Quanto ao valor da renda oriunda da atividade agropecuária, 28% afirmaram ser menor que um salário mínimo³, 37% de até um salário mínimo, 31% é maior que um salário mínimo e menor que dois salários mínimos e 4% de três a quatro salários (Figura 2).

Figura 2 - Representação da renda mensal dos produtores do município de São Luís, São José de Ribamar e Paço do Lumiar
Fonte: Elaborado pelas autoras através dos dados coletados na pesquisa (2020).



Fonte: Elaborado pelas autoras através dos dados coletados na pesquisa (2020).

As atividades agrícolas, em geral, são realizadas manualmente e apenas treze agricultores (17%) utilizam agrotóxico (como eles dizem “veneno”), os demais (83%) evitam usar e optam por produtos orgânicos. Os insumos utilizados são: sementes, mudas compradas,

³ Considerando o salário mínimo de 2020 no valor de R\$ 1.045,00.

bandejas, calcário, agrotóxicos, adubo orgânico e químico e nim. Todos usam irrigação e os métodos usados são os mais diversos: aspersão, gotejamento, mangueira e regador. Os insumos, em geral, são comprados nos seguintes comércios: Casa do fazendeiro, Loja Patas e Penas, Casa do Agricultor e Loja Guerra.

Os produtos produzidos pelos agricultores são: alface crepa, alface americana, agrião, abóbora, acerora, banana, couve manteiga, coentro, cebolina, chuchu, feijão, graviola, limão, mandioca, mamão, maracujá, milho, maxixe, manjeriço, pimenta, quiabo, rabanete, rúcula e vinagreira. O destino da produção são os atravessadores que vão na área de produção ou os do mercado do bairro do João Paulo, as feiras livres e o consumo da família.

Os agricultores que recebem assistência técnica classificaram a produção como boa, enquanto que os produtores não assistidos a classificam como regular, isso é explicado pela falta de conhecimento no controle de pragas, de doenças e de das marcas dos insumos utilizados na produção agrícola, desse modo, acabam optando pelo menor preço, logo, por insumos de baixa qualidade.

No que diz respeito a avaliação da assistência técnica, em São Luís apenas a comunidade Matinha e Itapera recebem o mesmo que os produtores das comunidades São Joaquim, Maracanã e Arraial ao afirmarem que procuraram os órgãos públicos solicitando essa prestação de serviço. A visita do técnico na comunidade Matinha é semanal e é prestada pela SEMAPA, segundo os produtores, os

técnicos demonstram interesse pela comunidade, discutem sobre o PAA e PENAE e lhes incentivam a fazerem parte desses Programas de comercialização e, principalmente, incentivam a fazer o Cadastro Ambiental Rural (CAR) com o objetivo de, futuramente, conseguirem financiamentos. O serviço de assistência é tão importante que todos os produtores, mesmo os que não recebem, percebem que há diferença entre a produção dos agricultores que recebem assistência técnica dos que não recebem, principalmente na renda, fato esse comprovado por Rocha Junior *et al.* (2014), na qual observou que 16,59% dos agricultores familiares brasileiros que utilizaram o serviço de assistência técnica obteve um acréscimo de renda. A Cooperativa da comunidade Arraial paga um agrônomo para dar assistência aos seus associados, já que não recebem a pública. Eles reclamam que este dinheiro poderia ser aplicado em insumos para aumentar a produção.

Em relação a avaliação dos agricultores que recebem assistência técnica pública é que o técnico tem conhecimento teórico e prático e que a assistência técnica trouxe muitas vantagens, principalmente na redução de doenças. Como desvantagens eles citaram o tempo curto de visita do técnico na produção de cada agricultor (menos de uma hora) e a falta de palestras e cursos. Quanto aos cursos, os mais solicitados foram sobre doenças de plantas e irrigação. Os agricultores classificam a assistência técnica recebida pela Secretaria Municipal de Agricultura Pesca e

Abastecimento (SEMAPA) como regular. O que se pode aferir é que essa classificação é devido ao espaçamento das visitas e ao pequeno número de técnicos, o que influencia ao pequeno número de comunidades e produtores assistidos.

No município Paço do Lumiar, apenas a comunidade de Pau Deitado foi recentemente (2020) beneficiada com assistência, enquanto as demais afirmam que nunca receberam, apesar de já terem solicitado à Secretária de Agricultura local. Os agricultores que recebem mencionaram que quando há visitas, o foco é somente voltado para fazer o cadastro do CAR, dando a entender que o técnico não se preocupa com a comunidade e nem com os produtores da região. Para eles a falta da assistência é bastante prejudicial, pois por falta de conhecimento, seja por insumos, produtos e, principalmente, controle fitopatogênicos, os agricultores acabam perdendo parte de sua produção, a produtividade cai e, conseqüentemente, a renda é pequena e instável.

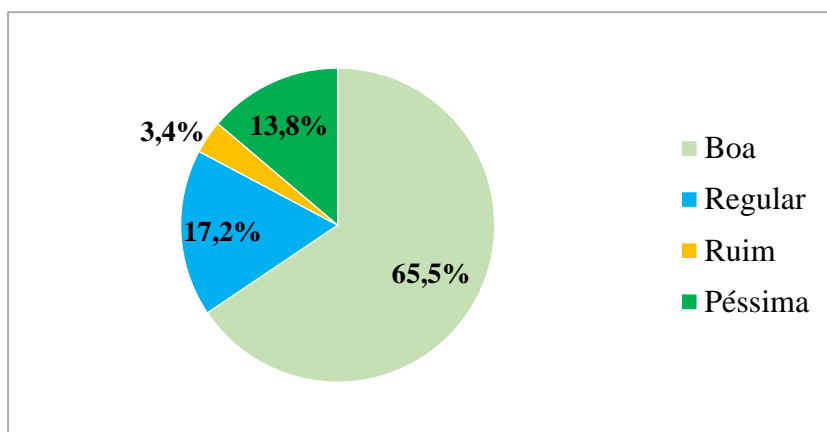
Segundo os produtores, os maiores problemas que limitam a produção agrícola são o financiamento, custos com energia elétrica e alguns poucos informaram que os maiores problemas são gestão e falta de informação. Esses relatos são semelhantes aos encontrados por Ferreira (2020), esse ainda cita a logística (escoamento da produção). Quando se verifica o destino da produção agrícola, os principais são as feiras livres do município e as realizadas nos bairros de São Luís, assim como o consumo da família.

Nas comunidades Itapary e Panaquatira, pertencente ao município de São José de Ribamar, quatro dos dez agricultores não recebem assistência técnica e buscam outros meios para manter sua produção ativa, dado esse que entra em contradição, pois segundo a Secretaria Municipal de Agricultura, Pesca e Abastecimento (SEMAGRI) esta comunidade recebe mensalmente visitas e assistência. As visitas são feitas mensalmente pela SEMAGRI na Comunidade. Os produtores avaliaram que os técnicos são habilitados tanto no quesito prático quanto teórico, porém, o número de técnicos não é suficiente e que os problemas com pragas e doenças raramente são solucionados. Outras reclamações são: a falta de projetos que trabalhe a melhoria de economia para área; o tempo da visita do técnico na produção é curto, menos de uma hora e; a falta de palestras e cursos. Quanto aos cursos de capacitação, os mais solicitados foram sobre controle de doenças e pragas na plantação.

Os dados mostram que a principal atividade é a agricultura, as atividades são feitas de forma manual e que os insumos utilizados são: sementes, mudas, bandejas, agrotóxicos, adubo orgânico e químico. Todos utilizam irrigação, dentre eles o método principal é por aspersão. A produção é de alface, abóbora, banana, cebolinha, couve, feijão, limão, milho, maxixe, mamão, quiabo, rucúla e vinagreira. A comercialização ocorre em feiras locais e para o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE).

Um ponto positivo na avaliação é a importância que os técnicos dão em querer conhecer a comunidade e a realidade dos agricultores. A Figura 3 mostra que 65,5% dos agricultores classificam a assistência técnica como boa; 17,2 % como regular; 13,8% como péssima e; 3,4% como ruim.

Figura 3 - Classificação da assistência técnica feita pelos produtores



Fonte: Elaborado pelas autoras através dos dados coletados na pesquisa (2020)

O público-alvo de agricultores do Município da Raposa é representado por agricultores com idade média de 46 anos e, em média, a família é composta por quatro pessoas. É importante destacar o nível de escolaridade, pois a maioria possui apenas o ensino fundamental completo e somente uma agricultora possui nível técnico e superior. Esse dado nos remete a atenção a esse público que necessita de uma assistência bem maior devido à ausência de qualificação.

No entanto, é importante salientar que a assistência técnica prestada pelos órgãos públicos AGERP e SEMAPA se iniciou no mês de Janeiro de 2021 através da nova gestão municipal, onde 56 famílias que participam do PAA estão recebendo acompanhamento técnico, até então ausente. A visita técnica ocorre quinzenalmente e os agricultores afirmaram que o número de técnicos tem sido suficientes pois, sempre que são solicitados, mesmo que demore um pouco, são atendidos e, no geral, a duração da visita técnica é de menos de 1 hora.

Os agricultores afirmaram também que a assistência técnica trouxe muitas vantagens, entre elas: o aumento de renda, aumento de produção e muitas informações prestadas, além disso, classificam a assistência técnica prestada como boa, pois os técnicos que prestam assistência técnica têm boa vontade e conhecimentos. Por um lado, a nova gestão tem buscado alcançar um maior número de agricultores para prestar suporte técnico, mas por outro, ainda não ofereceram cursos, palestras técnicas, não demonstram técnicas de agregação de valor aos produtos durante o acompanhamento técnico, tão pouco, outras alternativas econômicas para a área de produção dos agricultores.

Quanto à capacitação, os produtores solicitaram cursos técnicos, palestras e aulas práticas no campo. Quanto à melhoria de assistência técnica, citaram como alternativas a constâncias das visitas, doação de sementes, doação de kits de irrigação e projetos de

financiamento, alternativas essas que, segundo eles, poderão transformar a realidade e o cenário do campo atualmente. Apesar do Município de Raposa ser considerado o menor município da Microrregião, percebe-se que o mesmo tem grandes condições de ser considerado referência e modelo para os demais municípios, pois os técnicos acreditam que o campo só avança na qualidade de vida rural quando ocorrem as devidas articulações da ATER e dos demais órgãos, que juntos podem melhorar o cenário da zona rural e das famílias agricultoras.

Embora seja um bom resultado, muito ainda precisa avançar para que o nível de satisfação aumente, pois, como descrito anteriormente, o agricultor familiar da microrregião, na sua maioria, tira seu sustento da produção de hortaliças e, principalmente, trabalham para que os consumidores dos centros urbanos usufruam desses produtos. Assim, Castro (2015) afirma que recriar um sistema de ATER pública que atenda a esse público alvo rural justifica-se pela importância da agricultura familiar no conjunto do setor agropecuário brasileiro, na importância da ATER na promoção do desenvolvimento rural e da produção agropecuária e na dificuldade de parte desse público em pagar por esse tipo de serviço, todos esses aspectos brevemente ressaltados anteriormente.

Além disso, percebeu-se o interesse dos técnicos em todos os Municípios mencionados, quanto ao conhecimento da comunidade e realidade dos agricultores. Foi perceptível também a preocupação

do técnico em querer ajudar a solucionar os problemas dos agricultores, pois eles demonstram, segundo os agricultores, bom conhecimento teórico e prático.

CONCLUSÃO

A assistência técnica é importante para o agricultor familiar e que, mesmo avaliada como boa para a maioria dos agricultores, fica claro que o número de técnicos é insuficiente, por isso, o tempo entre uma visita e outra é mais longo e o tempo com cada agricultor é curto. Há necessidade urgente de aumentar o número de técnicos e a expansão dos serviços de ATER para aumentar e melhorar a produção de hortaliças e frutas dos municípios da Ilha de São Luís

O não recebimento da assistência técnica ou a sobreposição de órgãos nos estabelecimentos como percebido em algumas comunidades, são indicadores negativos para o avanço da agricultura familiar de qualidade, além disso, a assistência recebida por alguns produtores é escassa e não contínua, sendo notório a insatisfação dos agricultores de todos os municípios analisados em relação aos órgãos públicos, sendo necessário, nesse sentido, um olhar mais atento para essa problemática do campo.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Casa Civil. Lei Nº 11.326, de 24 de julho de 2006. **Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da**

Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais.
Brasília, 2006.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA). **Política nacional de ater: assistência técnica e extensão rural.** Brasília: MDA, 2008. 26 p.

BRASIL. Casa Civil. Política Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural para a Agricultura Familiar e Reforma Agrária – PNATER - **Lei nº12.188, de 11 de janeiro de 2010.** 2010. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12188.htm>. Acesso em 30 nov. 2020.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento agrário (MDA). **Economia e emprego. Assistência técnica melhora produtividade no campo.** Brasília, DF, 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Agricultura Familiar e Cooperativismo. **O que é a agricultura familiar.** 2019. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br/sitemda/noticias/o-que-%C3%A9-agricultura-familiar>>. Acesso em: 21 mar. 2019.

CASTRO, Cesar Nunes. **Desafios da agricultura familiar: o caso da assistência técnica e extensão rural.** Brasília: Ipea, 2015.

DALFOVO, Michael Samir *et al.* **Métodos quantitativos e qualitativos: um resgate teórico.** 2008. Disponível em: <http://www.ca.unisc.br/portal/upload/com_arquivo/metodos_quantitativos_e_qualitativos_um_resgate_teorico.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2020.

EMATER. Instituto de Inovação para o Desenvolvimento Rural Sustentável de Alagoas. **O que é ATER.** 2020. Disponível em: < <http://hml.emater.al.gov.br/informacoes-publicas/perguntas->

frequentes/21-informacoes-publicas/211-o-que-e-a-ater >. Acesso em 12.jul.2021.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Recomendações técnicas para o cultivo de hortaliças em agricultura familiar.** 2007. Disponível: <<https://www.embrapa.br/buscadepublicacoes/publicacoes/781607/recomendacoestecnicas-para-o--cultivo-de-hortalicas-em-agricultura-familiar>>. Acesso em: 17 ago.2021.

FEREIRA, Leonardo Rodrigues. Assistência Técnica Rural: O caso da sociedade nordestina de ecologia em Pernambuco. **Revista Terra&Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, Londrina, v.36, n 71, jul/dez, 2020

GILL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2006. 206 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário** 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>. Acesso em 14 fev. 2022.

MELO, Paulo César Tavares de; VILELA, Nirlene Junqueira. **Importância da cadeia produtiva brasileira de hortaliças.** 2007. Disponível em: <http://www.abhorticultura.com.br/downloads/cadeia_produtiva.pdf>. Acesso em 11 fev. 2019.

MELO, Pulo César Tavares; MELO, Arlene. Olericultura brasileira: do descobrimento ao século XXI. **Revista da Associação Portuguesa de Horticultura**, n. 119, p. 22-26, dez./jan. 2016.

NUNES, C. C. **A agropecuária na região Sul: limitações e desafios futuros.** Brasília: Ipea, 2014. (Texto para Discussão, n. 1993).

OLIVEIRA, Tânia Modesto Veludo de. **Amostragem não Probabilística**: adequação de Situações para uso e limitações de amostras por conveniência, julgamento e quotas. 2001. Disponível em: <http://www.fecap.br/adm_online/art23/tania2.htm>. Acesso em: 2 maio 2014.

PEDROSO, Maria Thereza Macedo. **Pronaf crédito**: uma comparação entre os 3 anos do Governo Lula e os 4 anos do Governo Fernando Henrique Disponível em: <<http://www.pt.org.br/assessor/Documentopronaf.doc>>. Acesso em: 27/09/2006.

PEREIRA, Igor Souza; PEREIRA, Marcia Toyota. **Olericultura** 1.ed. Brasília: NT Editora, 2016. 160 p.

VIEIRA, Janiele Cássia Barbosa *et al.* Viabilidade agroeconômica da consorciação do taro com feijão-vagem indeterminado em razão da época de plantio. **Revista Ceres**, v. 61, n.2, p. 229-233, mar./abr.2014.

ANÁLISE DA CITOINCLUSÃO EM PUNÇÃO DE MEDULA COMO TÉCNICA DIAGNÓSTICA DE LEISHMANIOSE VISCERAL CANINA

Ana Letícia Marinho Figueirêdo¹

Clarissa Sousa Costa Ferreira²

Allana Freitas Barros³

Wendel Fragoso de Freitas Moreira⁴

Rytha de Kassia Correa Nunes⁵

Leonardo Costa Rocha⁶

Fábio Henrique Evangelista de Andrade⁷

Ana Lucia Abreu Silva⁸

INTRODUÇÃO

A leishmaniose visceral (LV) é uma parasitose e sua forma de transmissão se dá por meio da picada dos vetores *L. longipalpis* e *L. cruzi*, que inoculam na pele dos vertebrados formas amastigotas do tripanosomatídeo *Leishmania sp.* (PALTRINIERI *et al.*, 2016), tratando-se de uma doença que abrange todo o território nacional. Em 2018, 3,851 casos de leishmaniose foram confirmados. Os estados do Maranhão e Pará registraram o maior número de casos 725 e 562 casos, respectivamente (SINAN, 2019).

¹ Graduanda em Medicina Veterinária pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA); Bolsista PIBIC-CNPq

² Graduanda em Medicina Veterinária pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA); Bolsista PIBIC-FAPEMA

³ Mestre no Programa de Ciência Animal pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

⁴ Médico Veterinário pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

⁵ Graduanda em Medicina Veterinária pela Faculdade UNINASSAU – São Luís

⁶ Graduando em Medicina Veterinária pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA); Bolsista PIBIC-UEMA

⁷ Professor do departamento de Patologia, CCA/UEMA

⁸ Professora do departamento de Patologia, CCA/UEMA; abreusilva.ana@gmail.com

Fatores como a urbanização não planejada, o fluxo migratório, progresso e expansão das áreas de desmatamento e queimadas associados a alta concentração de reservatórios e vetores contribuíram para que o Maranhão não só se tornasse o estado do Nordeste com maior número de casos da doença, mas também ocupasse o primeiro lugar no cenário brasileiro (SOUSA *et al.*, 2020). A alta prevalência e a gravidade das manifestações clínicas evidenciam o grave problema para a saúde pública que a leishmaniose representa. Por isso, há uma busca constante por novas formas eficazes e economicamente viáveis de diagnóstico e prognóstico (BARROUIN-MELO *et al.*, 2006).

Em áreas urbanas, o cão (*Canis familiaris*) é o principal reservatório vertebrado da doença. Sua importância se dá principalmente por manterem contato frequente com demais espécies atingidas pela leishmaniose, exigindo desse modo utilização de testes de alta sensibilidade e especificidade para um diagnóstico conclusivo (MENDES *et al.*, 2011).

Dos diversos métodos utilizados o exame parasitológico é considerado, ainda, o teste ouro para o diagnóstico da doença. Na prática, devido à alta especificidade da punção de medula óssea juntamente com a quase ausência de efeitos colaterais fazem dessa técnica uma das mais utilizadas (BRAZ *et al.*, 2014). Contudo, fatores como baixo parasitismo dificultam o diagnóstico (SALES *et al.*, 2017).

Os exames citológicos, por sua vez, permitem avaliação direta do agente no meio celular. Entre suas técnicas, destacam-se os esfregaços citológicos e a citoinclusão. Esta última técnica tem sido utilizada na medicina veterinária para o diagnóstico de neoplasias (FERNANDES *et al.*, 2015). Consiste na concentração de células a partir de filtração ou centrifugação, para posterior utilização dos sedimentos resultantes como amostra tecidual, o que permite análise por histopatologia e imuno-histoquímica, com excelente preservação da morfologia celular (NATHAN *et al.*, 2000).

Por meio da citoinclusão é possível diagnosticar a LVC de modo simples e menos invasivo, favorecendo um campo de visualização mais amplo, a utilização do material por um período de tempo maior e solucionando a necessidade de associação com técnicas mais sensíveis (PAIVA *et al.*, 2014). Deste modo, é de suma importância o desenvolvimento de mais bases científicas que permitam a agregação de conhecimento a respeito da técnica, assim como da sensibilidade para diagnóstico de leishmaniose e métodos mais eficazes para sua realização, pontos que o presente trabalho buscou elucidar.

METODOLOGIA

Comitê de ética

O projeto foi aprovado pela Comissão de Ética e Experimentação Animal (CEEA) da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA e protocolado sob número 17/2020.

Local

A seleção dos animais para a realização da pesquisa foi feita no Hospital Veterinário “Francisco Edilberto Uchoa Lopes” da Universidade Estadual do Maranhão–UEMA. O processamento e análise das amostras foram realizadas no Laboratório de Anatomopatologia – UEMA.

Animais

Após a triagem, quinze animais foram selecionados para o experimento, sendo todos esses naturalmente infectados por *L. infantum*, com diagnóstico sorológico confirmado por meio das técnicas de Ensaio Imunoenzimático (ELISA) e Reação de Imunofluorescência Indireta (RIFI) e que foram destinados a eutanásia no Hospital Veterinário “Francisco Edilberto Uchoa Lopes”– UEMA, seguindo as recomendações do Ministério da Saúde (BRASIL, 2003). Todos os animais foram submetidos a exames clínicos e laboratoriais rigorosos e somente aqueles que não possuíam alternativa terapêutica foram submetidos à eutanásia.

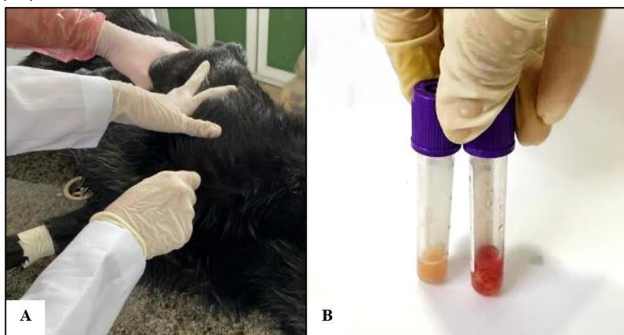
Os tutores dos animais incluídos no estudo foram informados sobre objetivo do trabalho e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice), autorizando a participação do animal no estudo.

A coleta do material para realização dos testes foi realizada imediatamente após a eutanásia e ao exame necroscópico.

Avaliação citopatológica da medula óssea

As punções de medula óssea foram realizadas no manúbrio do esterno e quando necessário, na extremidade proximal do úmero (figura 1-A), com seringa descartável de 20mL e agulha 40x12 mm. Inicialmente, foram feitas as tricotomias e antissepsias dos locais. As amostras coletadas foram colocadas em tubos estéreis com EDTA (figura 1-B), para posteriormente serem feitas as avaliações citopatológicas e imunohistoquímica.

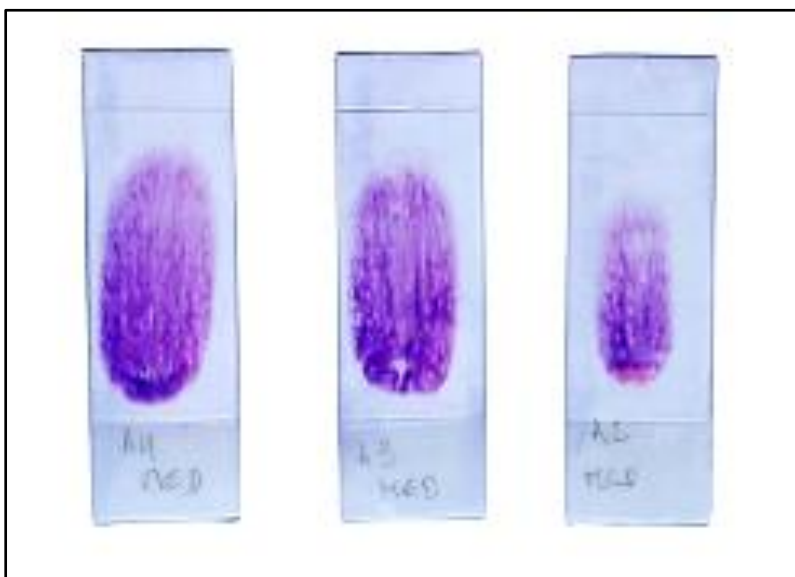
Figura 1: (A) Punção realizada na extremidade proximal do úmero. (B) Amostra de medula em tubo estéril com EDTA.



Fonte: Arquivo pessoal dos autores

Para a avaliação citopatológica, uma pequena quantidade do material coletado foi disposta sobre uma lâmina de vidro para microscopia e distendida para a confecção de esfregaços (figura 2) (GOMES *et al.*, 2012). As lâminas foram posteriormente submetidas à fixação e à coloração do tipo Romanowsky (Diff-Quik) e a pesquisa de formas amastigotas em microscópio óptico fora realizada.

Figura 2: Esfregaços confeccionados para avaliação citopatológica da punção de medula.



Fonte: Arquivo pessoal dos autores

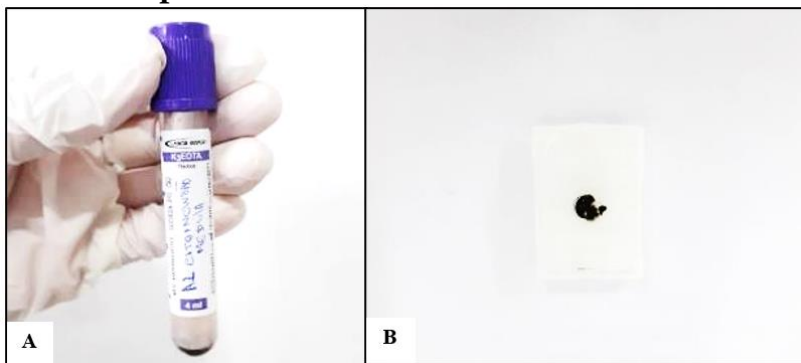
Citoinclusão da medula óssea para histologia

Após retirada da quantidade necessária de material para avaliação citopatológica de cada amostra, o restante dos conteúdos coletados fora centrifugado a 1350g por 10 min, para separação da

papa de leucócitos e eritrócitos. O sobrenadante foi descartado e adicionado ao sedimento de cada amostra uma solução fixadora (850 mL de álcool absoluto, 100 mL de formol a 37% e 50 mL de ácido acético), que permaneceu em contato com o sedimento por 24 horas (figura 3-A) (MENEZES *et al.*, 2016). Logo após, cada agregado celular foi removido dos tubos com auxílio de uma pinça, colocado em cassetes histológicos, forrados com papel filtro para máximo aproveitamento do material, e submetido a processamento histológico (figura 3-B) (PAIVA *et al.*, 2014).

Para a histologia, foram realizados cortes seriados de 5 µm, corados com hematoxilina-eosina e montados sobre lamínula e lâmina. A pesquisa de formas amastigotas de *L. infantum* foi feita em um microscópio óptico na objetiva de 100x.

Figura 3: (A) Amostra de medula em tubo estéril, após centrifugação e com adição de solução fixadora. (B) Bloco histológico de agregado celular de medula óssea obtido a partir da técnica de citoinclusão.



Fonte: Arquivo pessoal dos autores

Padronização da coloração de Giemsa para citoinclusão

Iniciou-se o preparo da solução estoque que consistia em 3g de GIEMSA em pó, 198mL de glicerina PA e 198mL de metanol. O pó de Giemsa foi dissolvido em estufa à 60°C por 2 horas e acrescentou-se o metanol após a retirada da estufa.

Para a padronização da coloração de Giemsa em lâminas de citoinclusão, foram realizados cortes seriados de 5 µm e posteriormente iniciou-se as etapas de desparafinização e hidratação dos materiais até a fase de banhos com água destilada.

Após desparafinar e hidratar o material, foi feita a coloração em solução corante diluída (10mL de solução estoque em 90mL de água destilada), por 1 hora. Em seguida, partiu-se para a etapa de diferenciação, onde mergulhou-se as lâminas em ácido acético 0,5% apenas uma vez, visto que ao analisar no microscópio, a lâmina já se apresentava no estado de coloração esperado.

A continuação da diferenciação foi feita em álcool 95%, onde realizou-se apenas um mergulho, seguindo para a etapa de clarificação em xilol por 3 minutos e consequente selagem.

Exame imunoistoquímico de medula óssea

A partir do bloco de células resultante do processamento histológico foram realizados cortes seriados de 5µm que foram colocados em lâminas silanizadas para a realização da técnica de Imuno-histoquímica.

As lâminas passaram 30 minutos na estufa, em seguida sucessivos banhos em soluções de xilol e álcool foram realizados. Posteriormente, foi realizado um banho em PBS por 5 minutos. O bloqueio da peroxidase endógena foi feito com uma solução de peróxido de hidrogênio 3% por 30 minutos. Em seguida, as amostras passaram por mais dois banhos com solução de PBS por 5 minutos. O bloqueio dos sítios de ligação antigênicas inespecíficas deu-se com a adição de uma solução de leite desnatado a 6%, onde as lâminas foram mantidas por 30 minutos para depois passarem por mais dois banhos em solução de PBS por 5 minutos.

O anticorpo primário foi aplicado nos cortes histológicos e mantido em câmara úmida por uma hora. Após terminado o tempo, mais dois banhos com solução de PBS foram realizados e a partir disso, anticorpo secundário foi depositado nos tecidos por 45 minutos.

A reação de marcação foi realizada com o auxílio de uma solução reveladora contendo DAB (diaminobenzidina). Para interromper a revelação, as lâminas foram colocadas em PBS por 5 minutos e, em seguida, contracoradas com hematoxilina por 1 minuto e lavadas em água corrente por 5 minutos. Por fim, as lâminas foram submetidas a banhos sequenciais em álcool e em xilol, para então passarem pelo processo de montagem com lamínula e lâmina.

Os resultados encontrados foram classificados como positivo ou negativo, levando em consideração a existência de imunorreação e não a intensidade que esta apresentou (MENEZES *et al.*, 2016).

Análises estatísticas

A pesquisa experimental foi do tipo qualitativa e as variáveis categóricas não paramétricas (sensibilidade das técnicas) foram comparadas e analisadas por meio do teste de Kruskal-Wallis, por se tratarem de amostras independentes. O software utilizado foi o Jamovi 2.0.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Das quinze amostras dos aspirados de medula óssea, 66,67% (10/15) tiveram resultados positivos para *Leishmania spp.* a partir da avaliação de esfregaços citológicos, 26,67% (4/15) pela técnica de citoinclusão e 88,67% (13/15) pela imuno-histoquímica. Todos os casos negativos na imuno-histoquímica também apresentaram os mesmos resultados na citologia e na citoinclusão. Esses resultados confirmam que esta técnica é a mais indicada para o diagnóstico definitivo da doença.

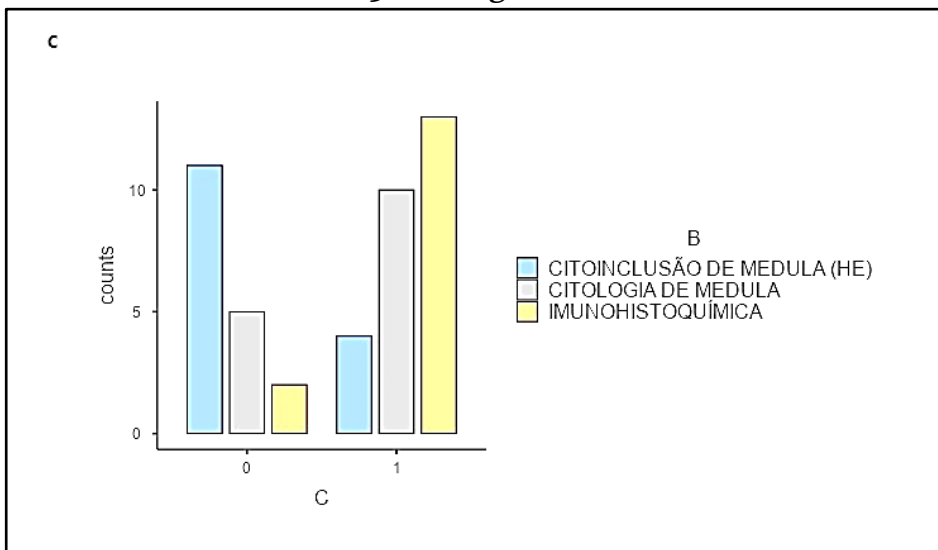
Em decorrência da alta especificidade do exame parasitológico e as características apresentadas pelo tecido medular frente à infecção pelo agente da leishmaniose, têm-se a avaliação de

medula óssea como um exame definitivo na detecção do parasita (COTTERELL *et al.*, 2000; ANTUNES *et al.*, 2018).

Dentro da rotina, a avaliação microscópica de esfregaços coletados por punção aspirativa da medula óssea vem sendo utilizada para confirmação de LV. Além disso, recentes estudos têm admitido a utilização da técnica de citoinclusão como um incremento à investigação, entretanto, ainda não está claro qual dos métodos apresenta mais benefícios (ABRANTES *et al.*, 2016; MENEZES *et al.*, 2016 ANTUNES *et al.*, 2018).

A análise das variáveis categóricas não paramétricas que avaliou a sensibilidade das técnicas, indicou haver evidência de diferenças estatisticamente significativas entre a maioria dos grupos estudados ($p < 0,001$). A partir da avaliação da quantidade de positivos nas técnicas usadas e do número de amostras, ficou demonstrada diferença significativa quando se comparou a citologia de medula óssea e citoinclusão ($p = 0,078$). Ao correlacionar a citoinclusão de medula e a associação desta à imuno-histoquímica, também pôde-se notar diferença estatística significativa ($p = 0,003$). Já a análise entre grupos predominantes, citologia de medula óssea e citoinclusão de medula associada a técnica de imuno-histoquímica, pelo teste de Kruskal-Wallis, não evidenciou diferença significativa entre as duas técnicas ($p = 0,410$), sendo ambas com eficácia correspondente. Tais dados foram expressos graficamente, como pode ser observado na figura 4.

Figura 4: Comparação entre as técnicas de citoinclusão de medula, citologia de medula e imuno-histoquímica em blocos de células. A linha vertical do gráfico aponta o número de amostras avaliadas e a horizontal classifica o desempenho das técnicas, considerando o número de negativos (ponto 0) e o total de positivos (ponto 1) pelo teste de Kruskal-Wallis, no nível 5% de significância.



Fonte: Arquivo pessoal dos autores

Apesar de não possuírem diferença estatística significativa, a técnica de imuno-histoquímica apresentou maior quantidade de resultados positivos quando comparada à citologia de medula. Enquanto a citoinclusão de medula sob técnica de processamento histológico padrão, entre as três, foi a que obteve menor número em resultados positivos, mesmo sua utilização tendo auxiliado na ratificação da positividade das amostras.

Das 4 amostras positivas na citoinclusão de medula óssea submetidas à coloração de HE, pôde-se observar uma melhor

preservação da arquitetura celular e das características morfológicas quando comparada ao exame citológico. Tal particularidade foi descrita por Antunes *et al.* (2018), que ao comparar as técnicas de citologia aspirativa, citoinclusão e biópsia de medula óssea na determinação de intensidade parasitária na leishmaniose visceral canina observou que a citoaspiração permitiu a melhor concentração de células e maior aproveitamento das amostras.

Apesar da boa preservação celular, a identificação do cinetoplasto das formas amastigotas era de difícil visualização quando as amostras eram coradas pela hematoxilina e eosina (figura 5-A). Por esse motivo utilizou-se a coloração de Giemsa nas amostras positivas, a qual permitiu uma visualização mais clara e redução de artefatos em fundo de lâmina (figura 5-B), fator que possibilitou a validação dos resultados anteriormente destacados.

Embora na técnica de citoinclusão observe-se uma maior concentração de células que possibilite um melhor aproveitamento de amostras, esta foi inferior a tradicional citopatologia quanto o número de casos positivos. Em outras palavras, podemos afirmar que a citologia apresenta vantagem quanto à identificação e quantificação parasitológica de LV. Estes resultados contrariam os relatos de Menezes *et al.* (2016), que afirmam que a citoinclusão por ter maior quantidade de células na amostra, tem maior probabilidade de se detectar o parasito. Em nossa pesquisa reiteramos que o

esfregaço citológico foi mais preciso quanto a visualização das formas amastigotas (figura 5-C), não deixando dúvidas quanto à infecção.

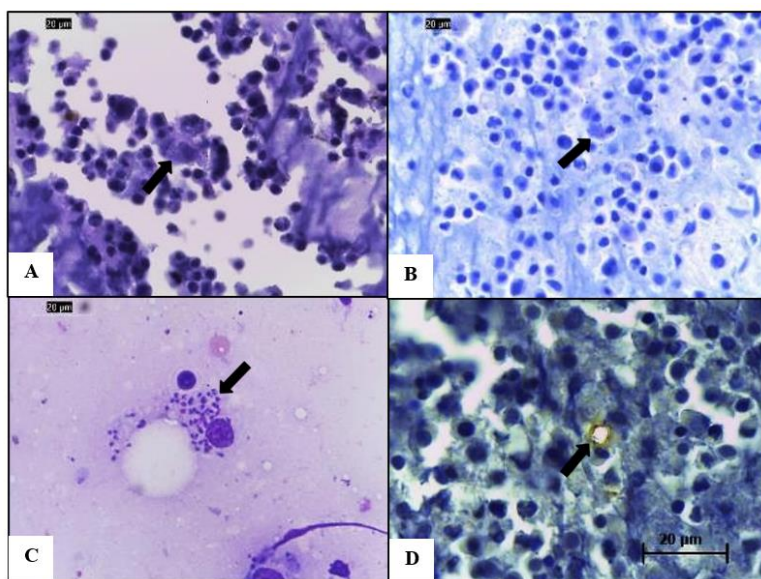
Quanto aos resultados da técnica de imuno-histoquímica em blocos de células em amostras de medula óssea, ficou demonstrado que esta técnica foi a que apresentou maior sensibilidade. Essa diferença pode estar relacionada ao processamento (centrifugação) das amostras, que separa os leucócitos dos eritrócitos. De acordo com (LIARTE *et al.*, 2001), após a centrifugação há formação de uma camada homogênea de células infectadas com formas amastigotas de *L. infantum*, o que facilita a identificação do parasito pela reação antígeno-anticorpo (figura 5-D), conforme relatam Abrantes *et al.*, (2016).

Resultados semelhantes aos nossos foram descritos por Menezes *et al.* (2016), que afirmam que a citoinclusão associada à técnica de imuno-histoquímica, além de manter parte da arquitetura original, tem vantagens sobre o exame citológico quanto a possibilidade de análise retrospectiva e por maior período de tempo.

Entre outras vantagens, pode-se incluir ainda o fácil armazenamento e transporte de amostras coletadas e deste modo, evitar possíveis contaminações microbiológicas e perdas de material (TARUFI *et al.*, 2004). Sendo assim, representa uma técnica promissora a ser incluída como ferramenta para aprimoramento do diagnóstico parasitológico de *Leishmania spp.*

Sabe-se que a microscopia óptica é considerada uma forma barata e confiável de determinar a intensidade da carga parasitária em tecidos infectados, podendo ser utilizada inclusive para correlacionar a infectividade do patógeno e as alterações clínico-laboratoriais existentes. No presente estudo, dois dos quinze animais sorologicamente positivos apresentaram resultados negativos por meio das três técnicas diagnósticas, ou seja, não foram observadas formas amastigotas da *Leishmania spp.* Tal fator pode estar relacionado ao estágio de enfermidade dos animais no momento em que foram eutanasiados e tiveram, posteriormente, as amostras retiradas. Aliado a isso, há ainda a heterogeneidade que o tecido medular apresenta na LVC, condição que permitiu presença de variabilidade na observação de campos nas diferentes aplicações diagnósticas, o que pode ter desfavorecido a identificação parasitária nas amostras em questão (HONSE, 2014; ANTUNES *et al.*, 2018).

Figura 5: (A) Corte histológico de citoinclusão de medula, submetido à coloração de HE, apresentando formas amastigotas de *L. infantum* (seta). 20µm; (B) Corte histológico de citoinclusão de medula, submetido à coloração de Giemsa, apresentando formas amastigotas de *L. infantum* (seta). 20µm; (C) Esfregaço citológico de medula óssea de cão naturalmente infectado com *L. infantum*, contendo formas amastigotas (seta). 20µm; (D) Cortes histológicos de citoinclusão de medula óssea submetidos a técnica de imunohistoquímica, apresentando formas amastigotas de *L. infantum* imunomarcadas (setas). 20µm.



Fonte: Arquivo pessoal dos autores

CONCLUSÕES

A técnica de citoinclusão permite maior concentração de células e um melhor reaproveitamento de amostras, contudo, em

nossa pesquisa o esfregaço citológico foi mais preciso quanto à visualização das formas amastigotas.

A aplicação da técnica de imuno-histoquímica em blocos de células de medula óssea mostrou maior sensibilidade quando comparada com o esfregaço.

REFERÊNCIAS

ABRANTES, T. R. *et al.* Identification of canine visceral leishmaniasis in a previously unaffected area by conventional diagnostic techniques and cell-block fixation. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, v. 58, n. 3, 2016.

ANTUNES, T. R. *et al.* Técnicas de citologia aspirativa, biópsia e citobloco de medula óssea para identificação e determinação de intensidade parasitária na leishmaniose visceral canina. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, n. 5, p. 1362–1368, 2018.

BARROUIN-MELO, S. M. *et al.* Can spleen aspirations be safely used for the parasitological diagnosis of canine visceral leishmaniosis? A study on asymptomatic and polysymptomatic animals. **The Veterinary Journal**, v. 171, n. 2, p. 331–339, 2006.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE. Departamento de Vigilância Epidemiológica. **Manual de vigilância e controle da leishmaniose visceral** / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. 2003.

BRAZ, P.H. *et al.* Comparação da sensibilidade do teste parasitológico em linfonodo, medula óssea e mucosa conjuntival para o diagnóstico de leishmaniose em cães. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 8, n. 4, p. 274-276, 2014.

COTTERELL, S.E.; ENGWERDA, C.R.; KAYE, P.M. Leishmania donovani infection of bone marrow stromal macrophages selectively enhances myelopoiesis by a mechanism involving GM-CSF and TNF-alpha. **Blood**, v. 95, n. 5, p. 1642-1651, 2000.

FERNANDES, N. C. C. A. *et al.* Liquid-based cytology and cell block immunocytochemistry in veterinary medicine: comparison with standard cytology for evaluating canine lymphoid samples. **Veterinary and comparative oncology**, v. 14, s. 1, p. 107-116, 2015.

HONSE, C. D. O. **Avaliação citopatológica da medula óssea e perfil hematológico de cães naturalmente infectados por Leishmania (Leishmania) chagasi.** Tese de doutorado -Doutorado em pesquisa clínica em doenças infecciosas, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2014.

LIARTE, D. B. *et al.* QBC® for the diagnosis of human and canine american visceral leishmaniasis: preliminar data. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 34, n. 6, p. 577-581, 2001.

MENDES, C.S., LOPES, L.S. AND TOYOSHIMA, S.H. Determinantes sociais da leishmaniose visceral no norte de Minas Gerais. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 9, n. 1, 2011.

MENEZES, R.C. *et al.* Cell-block Immunohistochemistry of Bone Marrow Aspirates: a Novel Tool to Improve the Diagnosis of Leishmania Infection in Dogs. **Journal of Comparative Pathology**, v. 154, n. 2-3, p. 157-160, 2016.

Ministério da Saúde/SVS - **Sistema de Informação de Agravos de Notificação - Sinan Net.** 2019.

NATHAN, N. A. *et al.* Cell block cytology: improved preparation and efficacy in diagnostic cytology. **American journal of clinical pathology**, v. 114, n. 4, p. 599-606, 2000.

PAIVA, M.B. *et al.* Citoinclusão de capa leucocitária e medula óssea de cães: padronização da técnica. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, n. 2, p. 439-444, 2014.

PALTRINIERI, S. *et al.* Laboratory tests for diagnosing and monitoring canine leishmaniasis. **Veterinary clinical pathology**, v. 45, n. 4, p. 552-578, 2016.

GOMES, R. *et al.* Técnico em citopatologia: caderno de referência 2: citopatologia não ginecológica. **Bvsalud.org**, p. 85-85, 2012.

SALES, D.P. *et al.* Aspectos Epidemiológicos da Leishmaniose Visceral Canina e Humana no Estado do Maranhão, Brasil (2009-2012). **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v. 24, n. 3, p. 144-150, 2012.

SOUSA, E.P. *et al.* Evolution of visceral leishmaniasis in São Luís, Maranhão: an epidemiological and temporal analysis of cases. **Research Society and Development**, v. 9, n. 2, p. e167922197, 2020.

TAFURI, W. L. *et al.* An alternative immunohistochemical method for detecting *Leishmania* amastigotes in paraffin-embedded canine tissues. **Journal of immunological methods**, v. 292, n. 1-2, p. 17-23, 2004.

**ANÁLISE DA VARIABILIDADE GENÉTICA DE SUÍNOS
LOCALMENTE ADAPTADOS NA CIDADE DE BACURITUBA
POR MEIO DA UTILIZAÇÃO DO MARCADOR ISSR (“INTER
SIMPLE SEQUENCE REPEAT AMPLIFICATION”)**

Rômulo Nunes Sousa¹

José de Ribamar Silva Barros²

João Gabriel dos Anjos Gonçalves³

Gabriel Garcês Santos⁴

André de Sena Rodrigues⁵

Thailson de Jesus Santos Silva⁶

INTRODUÇÃO

As atuais raças de suínos encontrados atualmente em território brasileiro foram introduzidas desde a época da colonização e ao longo do tempo sofreram modificações devido ao cruzamento de raças nativas e raças exóticas. Houve uma ótima adaptação destas raças ao clima tropical, o que levou criadores a selecionarem as melhores para o manejo em grande produção (Figura 1) (SOLLERO, 2006).

O Maranhão especificamente na microrregião da Baixada Maranhense possui uma diversidade única, onde seu espaço possui

¹ Graduando do curso de Ciências Biológicas na Universidade Estadual do Maranhão – UEMA; Bolsista PIBIC/FAPEMA.

² Doutor em Genética, Conservação e Biologia Evolutiva pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (2007). Atualmente é professor adjunto da Universidade Estadual do Maranhão e chefe do Departamento de Biologia - DBio/CECEN/UEMA.

³ Graduando do curso de Med. Veterinária na Universidade Estadual do Maranhão - UEMA; Bolsista PIBIC/FAPEMA.

⁴ Mestrando no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA.

⁵ Graduando do curso de Agronomia na Universidade Estadual do Maranhão - UEMA; Bolsista PIBEX/UEMA.

⁶ Graduando do curso de Agronomia na Universidade Estadual do Maranhão - UEMA; Bolsista PIBIC/FAPEMA

campos sazonalmente alagados e fauna localmente adaptados para este ambiente. Neste local encontra-se um suíno conhecido como "baixadeiro". Este é criado de maneira extensiva e de forma primitiva de manejo, sem o controle e/ou interferência humana durante o período de acasalamento de aparentados, o que pode afetar o grau de variabilidade e diminuir a diluição dessa população (SILVA, 2014).

A descoberta da molécula do DNA foi um grande progresso para a biologia. A partir da segunda metade do século XX, em 1952, Hershey e Chase conseguiram através do experimento, a Identificação do material hereditário de fagos e comprovar que apenas o material do bacteriófago penetrava e se multiplicava, isso consequentemente dava origem a novos vírus fagos e elucidava de vez a questão de o material genético ser o DNA. Em 1953, Watson e Crick propuseram que o DNA é composto por duas cadeias polinucleotídicas dispostas em forma helicoidal. Na década de 70, foi possível a duplicação do DNA *in vitro*, isso ocorreu através da polimerase que foi extraída de bactérias termófilas como a *Thermus aquaticus*. Esta enzima é resistente a altas temperaturas e foi a desencadeadora do processo para a duplicação do DNA, já que mantém a atividade mesmo submetida à temperatura de 95° (THOFFMANN, 2006).

Para medir a variabilidade desses suínos é necessário o levantamento de dados, através de coletas de sangue, assim extraindo seu DNA genômico para verificar a quantidade de

variações ocorridas nessa população com a utilização de microssatélites ou ISSR (Inter Simple Sequence Repeat Amplification), um tipo de marcador molecular. Os marcadores moleculares mais utilizados são os de base de proteínas e os que usam o próprio DNA, pois os de proteínas são os produtos diretos dos alelos e os marcadores de DNA são os próprios alelos ou os seus vizinhos, ou seja, as sequências de DNA situadas próximas aos alelos que queremos marcar (RAMALHO, 2012).

O marcador molecular ISSR consiste em uma técnica rápida e de fácil manuseio, superando limitações de muitos outros marcadores moleculares pelo fato de combinar as vantagens do SSR do polimorfismo de comprimento de fragmento amplificado (AFLP), com a universalidade do RAPD. A longa sequência e as temperaturas de anelamento elevadas dos primers ISSR não só permite o alvo a ser amplificado, mas também melhora a confiabilidade e reprodutibilidade dos dados obtidos (BORNET; BRANCHARD, 2001).

Apesar de o suíno da baixadeiro ter se adaptado muito bem ao clima local e ter adquirido algumas características como alta prolificidade (fecundidade), rusticidade e resistência a determinados parasitos (Figura 2), os estudos com marcadores ISSR referentes à essa população animal são de suma importância por serem bastante utilizados para a conservação e melhoramento genético de espécies (SILVA, 2020), por isso, há uma necessidade de se avaliar a variedade

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE,
ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
genética dessa população e medir o nível de diluição genética afim
de conservar um importante símbolo da Baixada Maranhense.

Figura 1. Condições naturais dos suínos na Baixada Maranhense na estação chuvosa e estação seca



Fonte: BRANDÃO, 2017.

Figura 2 – Características morfológicas

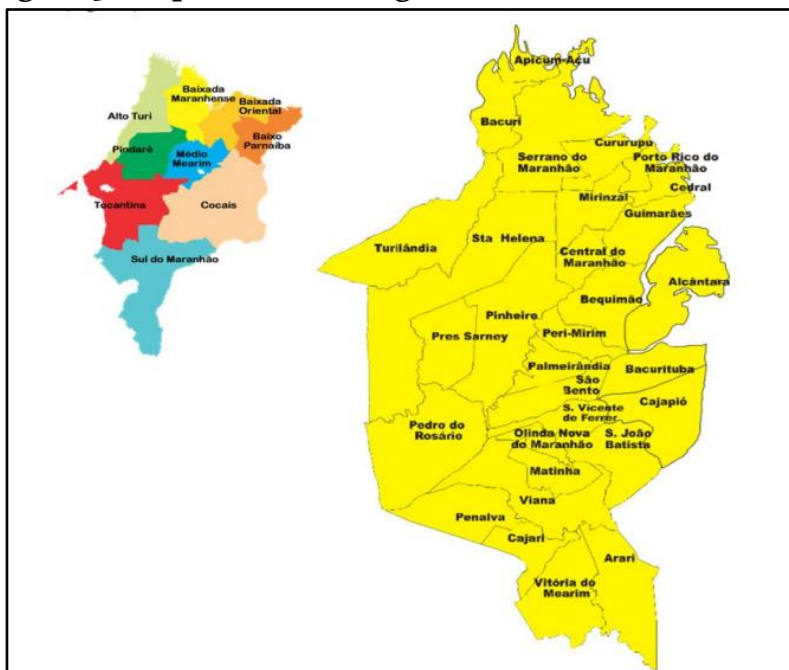


Fonte: BRANDÃO, 2017.

METODOLOGIA

As amostras foram coletadas no município de Bacurituba, localizado na Mesorregião Norte e Microrregião da Baixada (Figura 1), apresentando a latitude $2^{\circ} 42' 21''$ sul e longitude $44^{\circ} 44' 16''$ oeste. Durante a coleta foi utilizado agulhas estéreis e tubos de 15 mL (tipo Vacutainer) contendo 0,5 M do anticoagulante etilenodiaminotetracético (EDTA), 13 (treze) amostras de suínos foram coletadas e o armazenamento foi feito em caixa isotérmica refrigerada e levadas para o laboratório.

Figura 3. Mapa da microrregião da Baixada Maranhense.



Fonte:

<http://www.edificaz.com.br/wpcontent/uploads/2011/03/baixadamaranhense.png>

As análises foram realizadas no Laboratório de Genética e Biologia Molecular Warwick Estevam Ker (LABWICK) da Universidade Estadual do Maranhão. Foram definidos por etapas até os resultados finais, vão desde a extração, PCR e eletroforese. Para a extração do DNA genômico foi utilizado um protocolo, que foi definido após vários testes, para haver apenas um que sirva como padrão a todas as extrações que estão sendo armazenadas em freezers no laboratório.

Na extração foi usado a metodologia de Sambrook (1939), onde o DNA genômico foi extraído a partir de 5mL seguindo o protocolo padrão, sendo usado as seguintes soluções Tampão de Lise, Proteinase K (10mg/mL) em H₂O de Acetato de Sódio, Isopropanol, fenol: cloroformio: alcoolisoamílico. Fenol (300 µL), Clorofórmio (300 µl) e Água destilada, todo o processo foi feito utilizando os seguintes equipamentos: Capela (utilização de materiais voláteis; Vortex (agitar ou misturar as soluções); Centrifuga (separação do DNA dos restos de matérias do sangue); e Banho Maria (catalizador do processo de extração). Após o processo de extração o DNA foi levado para o Biodrop onde obteve-se quantificação, verificação de sua pureza e concentração.

Um novo protocolo modificado foi testado para extração de DNA com base no protocolo de Doyle e Doyle (1987) onde consta da seguinte forma: a) adicionou-se no tubo, já contendo o tecido sanguíneo (1g) 700 µL de tampão de extração CTAB 2% e 11 pl., em

seguida incubou-se no banho-maria a uma temperatura de 65°C por um mínimo de 30 minutos; b) logo após adicionou-se 600µL de CIA (clorofórmio-álcool isoamílico 24:1); c) posteriormente realizou-se a primeira centrifugação a uma velocidade máxima (12000 rpm) durante 7 minutos, para que a fase aquosa e orgânica fossem separadas; d) o sobrenadante foi transferida para um novo tubo e adicionado 50 µL de CTAB 10%, e depois, mais 600 µL de CIA (clorofórmio-álcoolisoamílico 24:1); e) prosseguiu-se então a segunda centrifugação a uma velocidade máxima de 12000 rpm durante 7 minutos; f) novamente com a fase aquosa na parte superior, transferiu-se cuidadosamente para um novo tubo adicionando 500 µL de álcool isopropanol e colocados no freezer -20°C por duas horas; g) logo após foi realizada a centrifugação dos tubos a 7500 rpm durante 5 minutos para formar o pellet; h) depois descartou-se o álcool e o pellet foi lavado com álcool duas vezes, e em cada intervalo, realizou-se a centrifugação e depois o descarte do álcool, o deixando secar sob o papel toalha; i) por último ressuspendeu-se o pellet com 50 µL de TE e levados ao biodrop para quantificação do material extraído.

Nesta etapa foi preparado o gel de agarose seguindo as seguintes medidas: 1g de agarose para 50 mL de TBE a 1% e 4 µL de brometo de etídio, a solução foi colocada no micro-ondas para a devida reação e retirada após ficar translúcida. Em seguida foi adicionado 4 µL de brometo de etídio a solução, seguido de seu

despejo na bandeja de gel com os pentes fixados no recipiente. Após o endurecimento do gel, foi retirado os pentes onde formaram poços na superfície.

Na etapa da PCR foi utilizado os seguintes reagentes: Master Mix 12,5 L; 1 l de primer (foram preparadas soluções separadas para cada primer); Free Water 9,5 uL; e 2 µL de Dna, esta proporção foi multiplicada pela quantidade de amostras estudada. O procedimento foi obtido por meio do protocolo proposto por Oliveira (2015) onde seguiram as etapas de desnaturação inicial de 3 minutos a 94° C, seguida de 40 ciclos de 1 minuto a 92° C, 2 minutos a temperatura de pareamento de cada primer (UBC 807 54,5°; UBC 811-48,5%; UBC 840-50,5), 2 minutos a 72° C e um passo final de 7 minutos a 72° C.

A relação genética entre os genótipos foi estimada pelo coeficiente de Jaccard, que resultou em uma matriz de similaridade. A concordância entre a matriz de similaridade e o dendrograma foi estimada pelo coeficiente de correlação cofenético (r), segundo Sokal e Rohlf (1962). O dendrograma foi encontrado através do Método do Grupo de Pareamento não ponderado usando médias aritméticas (UPGMA) para ilustrar a relação entre a população do município de estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A extração de DNA foi analisada pelo equipamento Biodrop. Observou-se resultados inferiores da concentração de DNA do

protocolo de Doyle & Doyle (1987) em comparação com o protocolo modificado de Sambrook *et al* (1989), mas com uma alta qualidade na pureza como podemos observar na Tabela 1 que apresentou taxas boas para os procedimentos seguintes.

Tabela 1. Concentração e pureza do DNA extraído a partir do tecido sanguíneo dos suínos

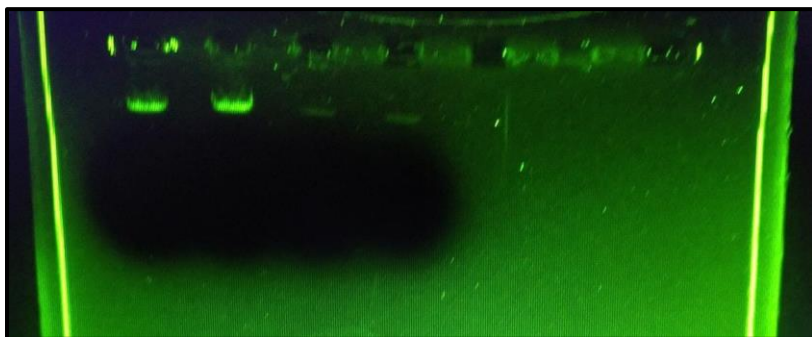
| ORDEM | CONCENTRAÇÃO (ng/μL) | PUREZA | |
|----------------|----------------------|---------------|---------------|
| | | 260/230 | 260/280 |
| 1 | 27 | 1,688 | 1,929 |
| 2 | 34 | 1,789 | 1,889 |
| 3 | 109 | 1,730 | 1,198 |
| 4 | 20 | 1,333 | 2,000 |
| 5 | 3 | 3,000 | 0,975 |
| 6 | 6 | 1,600 | 3,000 |
| 7 | 41 | 2,050 | 1,952 |
| 8 | 48 | 1,846 | 1,846 |
| 9 | 4 | 1,000 | 4,000 |
| 10 | 19 | 1,664 | 1,775 |
| 11 | 96 | 1,846 | 1,778 |
| 12 | 8 | 2,000 | 1,333 |
| 13 | 42 | 2,100 | 1,952 |
| Média | 35,15 | 1,819 | 1,971 |
| Varição | 3 - 109 | 1,000 – 3,000 | 0,975 – 4,000 |

Fonte: Autoria própria.

Os resultados obtidos na pureza possuem variação entre 1,000 a 3,000 para compostos orgânicos (260/230) e de 0,975 a 4,000 para proteínas (260/280), estes valores indicam uma qualidade boa no material extraído e está adequado de acordo com pesquisa feita por Molinari (2001). Observou-se que o protocolo de Doyle e Doyle (1987)

exige maior cuidado em sua manipulação devido a toxicidade dos reagentes utilizados e concentrações de suas amostras foram baixas em comparação a outros testados, mas a qualidade da pureza é bastante destacada, mesmo sendo um protocolo próprio para vegetais ele se mostrou eficiente na comprovação de bandas de DNA na corrida em eletroforese (Figura 4). Os valores segundo Araujo (2006) e Faleiro *et al* (2001), podem ser utilizados, pois valores inferiores a 1,8 resultam de contaminação com proteínas. No entanto, valores tão baixos quanto 1,4 ainda são considerados satisfatórios para utilização em reações de PCR. Foi feita corrida das amostras de suínos para comprovação de banda de DNA (Figura 1), nele podem ser vistas bandas das amostras 3, 5, 10 e 11, comprovando a presença do material de DNA para estudo. Em todas as amostras extraídas foram observadas bandas de DNA.

Figura 4. Bandas das amostras 3, 5, 10 e 11 respectivamente.



Fonte: Autoria própria.

Dos três primers testados para este estudo, todos foram amplificados, como podemos observar na Figura 2. Os dados (Tabela 2) mostram que os primers tiveram a mesma quantidade de locus polimórficos ($n=4$). Ao todo foram 273 fragmentos amplificados sendo 156 polimórficos e 117 monomórficos, obtendo-se assim um total de 57,14% de polimorfismo tendo uma alta diversidade genética entre os indivíduos de estudo. Segundo Santana *et al* (2011, p. 868-876) a alta média de fragmentos por iniciador e a baixa porcentagem de iniciadores monomórficos evidenciam a grande variabilidade genética intraespecífica devido ao cruzamento de suínos aparentados das mesmas propriedades ou de propriedades próximas por conta do manejo feito de forma ultra extensiva (SILVA, 2014).

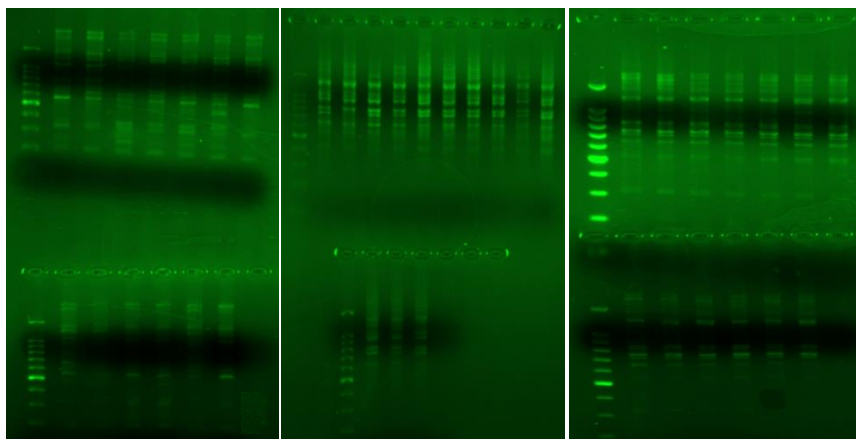
A taxa de polimorfismo entre os primers utilizados tiveram uma variação na taxa de polimorfismo que a partir do primer UBC 807 consta uma baixa nos valores, podendo considerar a perda de alelos se comparado aos valores dos primers UBC 811 (57,14%) e UBC 840 (66,66%), estes parâmetros polimórficos são bastante utilizados para estimar a eficiência dos marcadores na avaliação da diversidade genética, isso causa uma variação de alelos na sequência da estruturação cromossômica (GRAVITOL, 2011). No gel de agarose o polimorfismo pode ser observado pela diferença no padrão das bandas (Figura 5).

Tabela 2. Quantidade de primers, número de locus amplificados e taxa de polimorfismo

| Primer | Sequência | Total de Locus | Locus Polimorf. | % de Polimorf. |
|---------|-----------|----------------|-----------------|----------------|
| UBC 807 | (AG)7GT | 8 | 4 | 50 |
| UBC 811 | (GA)8C | 7 | 4 | 57,14 |
| UBC 840 | (GA)8YT | 6 | 4 | 66,66 |
| TOTAL | - | 21 | 12 | 57,14 |

Fonte: Autoria própria.

Figura 5. Gel de agarose para confirmação da amplificação do primer ISSR UBC 807 (A), primer ISSR UBC 811 (B) e primer ISSR UBC 840 (C)



Canaleta: PM – Peso molecular 100pb; CN – Controle negativo (reagente da PCR sem DNA).

Fonte: Autoria própria

Os valores do coeficiente de correlação cofenética calculados na matriz de distância variaram de 0,4 a 1,767, indicando altas e baixas correlações entre os indivíduos. O dendrograma mostrou 3 grupos como pode ser observado na Tabela 3, com o maior contendo 24 amostras das 39, os demais agrupamentos apresentaram tamanho

menor de indivíduos sendo o segundo maior grupo contendo 11 dos 39 indivíduos e os outros grupos com apenas quatro indivíduos.

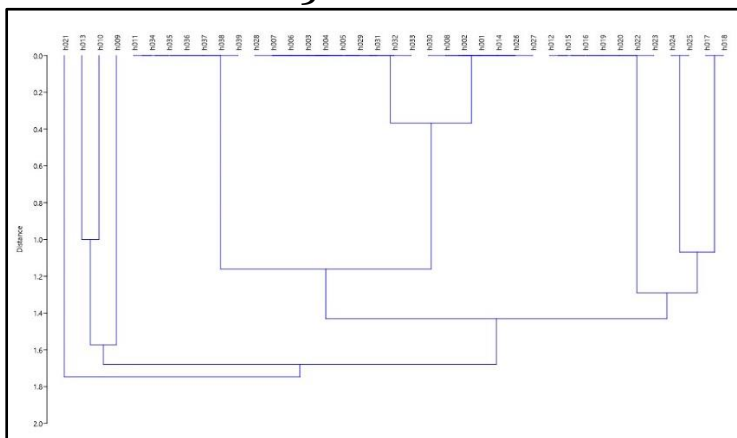
Tabela 3. Agrupamento de 39 amostras

| Grupos | Genótipos |
|--------|--|
| 1 | h021 h013 h010 h009 |
| 2 | h011 h034 h035 h036 h037 h038 h039 h028 h007 h005 h006 h003 h004 h005 h029 h031 h031 h032 h033 h030 h008 h002 h001 h014 h026 h027 |
| 3 | h012 h015 h016 h019 h020 h022 h023 h024 h025 h017 h018 |

Fonte: autoria própria

Segundo Ramalho (2016), pelo método de agrupamento é possível saber quantos genótipos podem formar cada grupo de similaridade, assim como também comparar o grupo com maior frequência de genótipos de acordo com os primers utilizados para a pesquisa (Figura 6).

Figura 6. Análise de agrupamentos das 39 amostras com base nos 3 marcadores.



Fonte: Autoria própria

No grupo 1 pode ser observado uma similaridade maior entre as amostras ho13 e ho10, neste mesmo grupo temos as amostras ho09 e ho21 isolados, ou seja, possuem dissimilaridade maior no grupo (VASCONCELOS *et al.*, 2007), nestes foi utilizado o ISSR 807; no grupo 2 a quantidade de indivíduos é maior, também é notório a presença de subgrupos de similaridade. Ao todo podem ser observados 3 subgrupos onde no subgrupo1 temos as amostras ho11, ho34, ho35, ho36, ho37, ho38, ho39, onde a amostra utilizada foi o ISSR 807 e os demais o 840, trazendo um grau de similaridade bastante alto em relação ao trabalho feito por Ramalho (2016 p. 207-214), no qual obteve uma similaridade entre dois indivíduos com pouca similaridade utilizando marcadores ISSR. No subgrupo 3 temos as amostras dos 3 primers utilizados onde o genótipo ho26 é a única amostra do primer UBC 811. No grupo 3 podemos notar 2 subgrupos isolados indicando maior similaridade entre eles e maior dissimilaridade do restante do grupo.

Segundo Parreira *et al.* (2016), a matriz construída de correlação cofenética estima o quanto o dendograma está adequado às interações, sendo possível dividir as matrizes de similaridade e verificar a distância de cada grupo gerado.

CONCLUSÃO

Estudos com marcadores moleculares tem se tornado bastante frequentes para estudos voltados a conservação de espécies e trabalhos votados a pesquisas de variabilidade para melhoramento,

pois garantem a avaliação precisa da população local ou de populações de uma mesma região. Este trabalho foi voltado para a população de suínos localmente adaptados. Os marcadores moleculares UBC 807, UBC 811 e 840 apresentaram uma boa frequência de fragmentos amplificados e geraram uma quantidade boa de locus polimórficos para as análises das taxas de polimorfismo iguais e superiores a 50%, mostrando que há diversidade local, mesmo com o cruzamento de suínos aparentados e sendo o manejo de forma ultra extensiva a variabilidade genética dos suínos de Bacurituba.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, FR de *et al.* Avaliação de um protocolo de extração de DNA genômico a partir de sangue total. **Embrapa Gado de Corte- Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2009.

BORNET, B. BRANCHARD. M. Nonanchored inter simple sequence repeat (ISSR) markers: reproducible and specific tools for genome fingerprinting. **Plant molecular biology reporter**. v. 19, n. 3, p. 209-215, 2001.

BRANDÃO, Erica Mendes. **Recursos alimentares para suínos localmente adaptados criados extensivamente na baixada maranhense**: botânica, composição química e disponibilidade. 2017.

DOYLE, Jeffrey. DNA protocols for plants. In: **Molecular techniques in taxonomy**. Springer, Berlin, Heidelberg. p. 283-293, 1991.

FALEIRO, F.G.; FALEIRO, A. S. G.; CORDEIRO, M. C. R.; KARIA, C. T. **Metodologia para Operacionalizar a Extração de DNA de Espécies Nativas do Cerrado Visando Análises Moleculares**. 1 ed. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Embrapa, 2003.

GRAVITOL, C; MEDEIROS, C. F. L.; HEMERLY, A. S.; FERREIRA, P. C. G. High efficiency and reability of inter-simple sequence repeats (ISSR) makers for evaluation of genetic diversity in Brazilian cultivated *Jatopha curcas* L, acessions. **Molecular Biology Reports**, v. 38, p. 4245-4256, 2011.

HOFFMANN, L. V; BARROSO, P. A. V. Marcadores Moleculares como Ferramentas para Estudos de Genética de Plantas. **Embrapa**, Agosto, 2006.

MULLIS, K.; FALOONA, F. Specific synthesis of DNA in vitro via a polymerase catalyzed chain reaction. **Methods Enzymol.**, v. 55, p. 335-350, 1987.

MOLINARI, HUGO BRUNO; CROCHEMORE, MARIA LÚCIA. Extração de DNA genômico de *Passiflora* spp. para análises PCR-RAPD. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, p. 447-450, 2001.

OLIVEIRA, Thainá Dal Pozzo de. **Ensaio com primers de ISSR e PCR para estudo da variabilidade genética de *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811) (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae) na região de Campo Mourão-Paraná**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

PARREIRA, DOUGLAS FERREIRA *et al.* DIVERSIDADE GENÉTICA ESTIMADA ATRAVÉS DOS MARCADORES ISSR DE *Colletotrichum graminicola* NO BRASIL. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 15, n. 2, p. 186-194, 2016.

RAMALHO, Aline Bueno *et al.* Diversidade genética entre genótipos de *Bertholletia excelsa* por meio de marcadores moleculares ISSR. **Floresta**, v. 46, n. 2, p. 207-214, 2016.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. A. B. P.; SOUSA, E. A.; GONÇALVES, F. M. A.; SOUZA, J. C. **Genética na agropecuária**. 5 ed. Lavras: Editora UFLA, 2012.

SAMBROOK, J.; FRITSCH, E. F.; MANIATIS, T. **Molecular cloning: a laboratory manual**. 2 ed. Cold Spring Harbor, 1989.

SANTANA, Ivonilda Barbosa Brito *et al.* Variabilidade genética entre acessos de umbu-cajazeira mediante análise de marcadores ISSR. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 868-876, 2011.

SILVA, C.R. **Avaliação parasitária, hematológica e manejo produtivo de suínos nativos da Baixada Maranhense**. 2014. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Ciência Animal, Universidade Estadual do Maranhão. São Luís - MA. 2014. 139 f.

SILVA, Mauricio Sérgio Ferreira Soares da *et al.* Marcadores SSR e ISSR na avaliação da diversidade genética em *Gallus gallus domesticus*: uma análise quantitativa da produção científica. **Ciência Rural**, v. 50, 2020.

SOKAL, Robert R.; ROHLF, F. James. The comparison of dendrograms by objective methods. **Taxon**, p. 33-40, 1962.

SOLLERO, B. P. **Diversidade Genética das Raças Naturalizadas de Suínos no Brasil por meio de Marcadores Microsatélites**. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2006. 87 f.

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE,
ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

VASCONCELOS, E. S.; CRUZ, C. D.; BHERING, L. L.; RESENDE
JÚNIOR, M. F. R. Método alternativo para análise de agrupamento.
Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 42, n. 10, p. 1421 - 1428, 2007.

**ATIVIDADE INSETICIDA DO ÓLEO DE NIM ASSOCIADO A
ÓLEOS MINERAIS NO CONTROLE DE *Maconellicoccus*
hirsutus (GREEN) (HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE)**

Gabriel Silva Dias¹

Aline Vieira Mascarenhas²

Itallo Cristian da Silva Oliveira³

Adriano Soares Rego⁴

Raimunda Nonata Santos de Lemos⁵

INTRODUÇÃO

As pragas agrícolas representam um dos fatores limitantes para a agricultura do país devido à grande incidência e resistência provocada pelo uso intensivo do controle químico (SILVA *et al.*, 2017). Dentre as pragas agrícolas têm-se as cochonilhas, que possuem importância econômica para a produção de hortaliças e, devido ao seu hábito alimentar, são capazes de prejudicar as plantas de forma direta e indireta. Os danos diretos ocorrem pela sucção da seiva, que causam enfraquecimento das plantas, redução na qualidade dos frutos e da produção. Causam danos indiretos ao excretar *Honeydew*, o que leva ao desenvolvimento da fumagina (*Capnodium sp.*) e consequentemente à redução da capacidade fotossintética e, em última análise, prejudica a qualidade e a quantidade de rendimento

¹ Curso de Agronomia, Universidade Estadual do Maranhão – UEMA

² Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente – PPGAA/UEMA

³ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade – PPGECB/UEMA

⁴ Programa de Pós-Graduação em Agroecologia – PPGA/UEMA

⁵ Programa de Pós-Graduação em Agroecologia – PPGA/UEMA

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE,
ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
das culturas (ALMEIDA, 2016; SANTOS; PERONTI, 2017; GOPAL *et al.*, 2021).

A família *Pseudococcidae*, conhecidas como cochonilhas farinhentas são uma das mais importantes da ordem Hemiptera. Possuem aparelho bucal picador-sugador, cobertura serosa pulverulenta no dorso e nos filamentos cerosos ao redor do corpo. Além disso, apresentam um grande número de plantas hospedeiras distribuídas nas famílias: Malvaceae, Asteraceae, Fabaceae, Apocynaceae, Solanaceae, Rosaceae, Amaranthaceae, Lamiaceae, dentre outras (PALMA; BLANCO, 2018; SAHU; JOSHI; GANGULI, 2017; SILVA *et al.*, 2016)

No Brasil, estes insetos estão difundidos por vários estados e, na região Nordeste, há registro de espécies em cultivos de plantas de extrema importância econômica para a região, como a goiaba (*Psidium guajava L.*), uva (*Vitis sp.*), pera (*Pyrus sp.*), maçã (*Malus doméstica Borkh*) e caqui (*Diospyros kaki L.*), tornando-se um risco para a exportação brasileira (ROSA DE SÁ; OLIVEIRA, 2021).

O processo de desenvolvimento de um agrotóxico é longo e burocrático (BEGG *et al.*, 2017; REDDY; CHOWDARY, 2021), e sua utilização no manejo de insetos-praga causa uma série de problemas como danos a saúde do homem e meio ambiente, toxicidade para inimigos naturais e polinizadores e o desenvolvimento de resistência (KHAN, 2019). Nesse cenário, o aumento da produção de alimentos e o desenvolvimento tecnológico na agricultura, juntamente com a

intensificação agrícola levou à maior dependência de agrotóxicos e à necessidade de aplicações frequentes, haja visto que os tratamentos químicos são eficazes apenas por curtos períodos (SUROSHE *et al.*, 2021).

No setor agrícola, os inseticidas de origem botânica têm se destacado como uma alternativa aos sintéticos, uma vez que seus constituintes bioativos são biodegradáveis em produtos não tóxicos e potencialmente adequados para uso em programas de manejo integrado (MOSSA, 2016).

O uso dos óleos vegetais pode controlar a população de insetos-praga devido à grande quantidade de princípios ativos e aos diferentes modos de ação, que podem atuar como um veneno oral, inibidor de alimentação, repelente, regulador de crescimento ou inibidor da reprodução (EL-AZIZ *et al.*, 2021). Os efeitos dos óleos vegetais sobre insetos, têm sido estudados em várias vertentes, desde a ação destes produtos sobre a mortalidade, interferência no crescimento e desenvolvimento, inibição da alimentação, repelência e efeitos sobre a oviposição (KHAN, 2019).

O controle de pragas por meio da utilização de óleos vegetais e minerais tem-se expandido no contexto do Manejo Integrado de Pragas (MIP), principalmente em função das exigências dos consumidores por alimentos produzidos de forma sustentável, sem resíduos de agrotóxicos e pela conservação da biodiversidade local (SPLETOZER *et al.*, 2021).

A utilização de óleos vegetais e minerais para o controle de cochonilhas podem, ainda, auxiliar na redução da contaminação ambiental e humana, problemas muito comuns em olerícolas devido ao excesso de pulverizações com agrotóxicos de amplo espectro de ação. Dessa forma, objetivou-se estudar o potencial inseticida do óleo vegetal (Nim) de forma isolada e associado a óleos minerais no controle de *Maconellicoccus hirsutus* (Green) (Hemiptera: Pseudococcidae).

METODOLOGIA

O trabalho foi realizado no Laboratório de Entomologia e na Fazenda Escola da Universidade Estadual do Maranhão-FESM/UEMA. Os insetos foram coletados em hortaliças e fruteiras da FESM/UEMA e de frutos comercializados em feiras livres e supermercados da Ilha de São Luís- MA. Foi avaliada a toxicidade do óleo vegetal de Nim da marca comercial Dalneem e dos óleos minerais Assist EC e Argenfrut RV.

Criação estoque de *Maconellicoccus hirsutus* Green

No Laboratório de Entomologia, os adultos de *M. hirsutus* foram separados do material coletado e transferidos para frutos de quiabos, conforme metodologia adaptada por Santos (2020). Os quiabos que serviram de alimentação para os coccoídeos, foram previamente desinfestados e limpos com solução de hipoclorito de

sódio e água destilada. Após a secagem, os frutos de quiabo foram colocados em estantes que servem de suporte para tubos de ensaio, e acomodados em bandejas plásticas, dentro de gaiolas de acrílico (50 cm altura, 35 cm de comprimento e 30 de largura), com a parte superior e laterais perfuradas com orifícios de 2 mm.

As gaiolas foram mantidas na Sala de Criação de Insetos do Laboratório de Entomologia a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, sob um fotoperíodo de 12h:12h (L:E) e umidade relativa de $70\pm 10\%$. Os quiabos foram trocados semanalmente, e as gaiolas e as bandejas plásticas higienizadas regularmente para evitar a proliferação de fungos e ácaros saprófagos.

Experimento em laboratório

Avaliou-se a toxicidade do óleo de nim Dalneem e os óleos minerais Assist EC e Argenfrut RV. O experimento foi realizado utilizando um delineamento experimental inteiramente casualizado, composto por 6 tratamentos: T₁ - Óleo de Nim (3%), T₂ - Óleo mineral Assist EC (3%), T₃ - óleo mineral Argenfrut RV (3%), T₄ - (NEASS) Óleo de Nim (1,5%) + Óleo mineral Assist EC (1,5%), T₅ - (NEARG) Óleo de Nim (1,5%) + Óleo Mineral Argenfrut (1,5%) e T₆ - Controle (Água destilada).

Como arenas foram utilizadas bandejas plásticas. Em cada arena foram colocadas 15 ninfas de segundo instar de *M. hirsutus*, provenientes da criação estoque, sendo cada tratamento composto

por 300 ninfas, totalizando 1.800 indivíduos no experimento. Em cada arena foi colocado uma folha de vinagreira, mantida turgida por uma esponja umedecida com água destilada e um algodão umedecido envolvendo o pecíolo.

A aplicação dos tratamentos foi realizada utilizando-se a torre de Potter com pressão 5 psi/pol2 e volume de calda de 1,7 mL, o que corresponde a um depósito de $1,8 \pm 0,1$ mg/cm², seguindo recomendação da International Organization for Biological Control of Noxious Animals and Plants (IOBC)/West Palearctic Regional Section (WPRS). Foi utilizado 10 uL de detergente neutro como adjuvante para cada concentração dos óleos. As arenas foram mantidas na Sala de Criação de Insetos em condições ambientais já descritas.

O experimento foi avaliado com 24 horas após a aplicação dos óleos. As cochonilhas foram consideradas mortas quando não apresentaram reação ao serem tocadas por um pincel de cerdas finas. As observações foram realizadas com auxílio de um estereomicroscópio, anotando-se o número de indivíduos mortos. Para avaliar o efeito dos diferentes tratamentos (n=6) sobre a mortalidade de ninfas de segundo ínstar de *M. hirsutus* foi adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) com 15 repetições. Os dados foram analisados previamente pelo teste de Kolmogorov-Smirnov para avaliar a normalidade dos resíduos e pelo teste de Hurltley para testar a homogeneidade das variâncias

(homocedasticidade). No entanto, os dados não atenderam os pressupostos das análises paramétricas, sendo necessário utilizar o Teste de Kruskal-Wallis, não-paramétrico. Após o teste de Kruskal-Wallis, foi realizado um teste a posteriori (post-hoc) de Dunn para identificar diferença entre grupos de tratamentos, com correção de Bonferroni para o valor de probabilidade (p). Adicionalmente, foi construído um boxplot para a mortalidade de ninfas de segundo ínstar de *M. hirsutus* após 24h da pulverização dos tratamentos. As análises estatísticas foram realizadas no programa estatístico R (R 4.1.1, R CORE TEAM, 2021).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

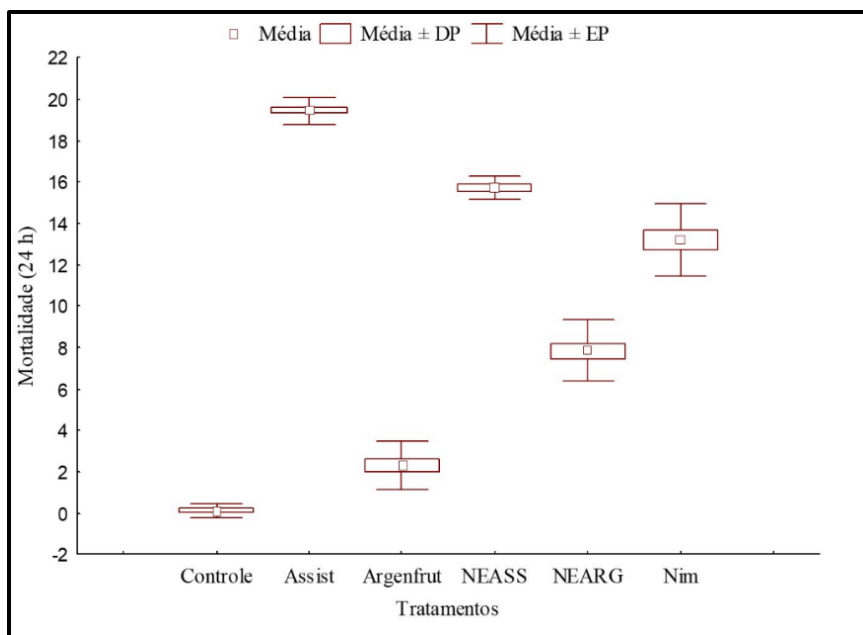
Pelo teste de Kruskal-Wallis observou-se diferenças entre os grupos testados ($\chi^2 = 86,06$, g.l=5, n=90, $p < 0.0001$). Os tratamentos óleo mineral Assist e NEASS proporcionaram maior mortalidade, provavelmente por prejudicar a respiração normal das cochonilhas (Figura 1). No entanto, Buteler e Stadler (2011) e Najar-Rodríguez *et al.* (2008), apontam que a ação de óleos minerais saturados derivados do petróleo podem não se basear somente na mortalidade por asfixia, mas também em outros mecanismos de ação como perturbações celulares no sistema nervoso, toxicidade celular, dessecação geral e alterações no comportamento alimentar, sendo constantemente utilizados para o controle de insetos de corpo mole, como pulgões e cochonilhas.

Ao avaliar os óleos minerais Assist e Naturol na concentração de 3% sobre a cochonilha *Planococcus citri* Risso (Pseudococcidae), Machado *et al.* (2020) verificaram que todos os óleos testados apresentaram toxicidade à praga com taxas de mortalidade entre 100% (Assist) e 91,1% (Naturol).

Observou-se ainda que o tratamento óleo de Nim foi eficiente na mortalidade das cochonilhas (Figura 1). A maioria dos compostos presentes no óleo de Nim são voláteis e pertencentes a várias classes químicas, incluindo ésteres, ácidos graxos, hidrocarbonetos, fenólicos, terpenóides, compostos de enxofre e amina. A presença de esqualeno (terpenóide), e do ácido n-hexadecanóico podem também ser responsáveis pela atividade inseticida desse óleo (TULASHIE *et al.*, 2021).

Estudos envolvendo o uso de nim devido aos seus metabólitos, principalmente a azadiractina, não são recentes, sabe-se que o óleo de nim possui capacidade de controlar as pragas. Khan (2021) relatou que a *A. indica* foi eficaz no controle de *Musca domestica* em diferentes estágios do seu ciclo de vida. Ao avaliar diferentes inseticidas naturais, Aniwanou *et al.* (2021) observaram que o óleo de nim é uma opção econômica e viável para o controle da *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Estudando o efeito acaricida do óleo de nim, Ruiz-Jimenez *et al.* (2021) concluíram que o bioinseticida possui toxicidade para *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) em diferentes concentrações e tempo de exposição.

Figura 1. Mortalidade corrigida de ninfas de segundo instar de *Maconellicoccus hirsutus* em 24 horas após aplicação de óleo de Nim de forma isolada e associado a óleos minerais, em laboratório ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$, 12h:12h L:E e $70\pm 10\%$ UR).



*DP: Desvio-Padrão; EP: Erro-Padrão;

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Pelo teste post-hoc de Dunn não foram observadas diferenças entre os tratamentos Argenfrut e Controle, Argenfrut e NEARG, Assist e NEASS, NEARG e Nim, NEASS e Nim (Tabela 1). Os demais testes indicam que houve diferenças entre os grupos testados, porém o óleo mineral Assist comparado ao Controle apresentou maior média de rank em relação aos demais pares de tratamentos (Tabela 1).

Atualmente, há diversas pesquisas sobre o uso e efeito de óleos vegetais e minerais no controle de artrópodes. Estudos demonstram que os óleos minerais são eficazes na redução da transmissão de vírus por artrópodes vetores e devem ser reaplicados com frequência para garantir a eficácia. Apesar da comprovação da eficácia contra vírus, os mecanismos envolvidos na supressão viral ainda estão sob investigação (YANG *et al.*, 2019).

Pimentel-Farias *et al.* (2018) comprovaram a toxicidade dos óleos de dendê, soja, algodão e coco à cochonilha *Orthezia praelonga* Douglas (Hemiptera: Ortheziidae), sendo uma alternativa para o controle dessa praga. Jain, Satapathy e Pandey (2020) observaram que o óleo de algodão apresentou alta atividade acaricida sobre *Rhipicephalus microplus* com 100% de mortalidade e, concluíram também que esse óleo não apresentou fitotoxicidade para os hospedeiros.

Tabela 1. Toxicidade de óleo de Nim de forma isolada e associado a óleos minerais sobre ninfas de segundo ínstar de *Maconellicoccus hirsutus* em laboratório (25±2°C, 12h:12h L:E e 70±10% UR).

| Grupo 1 | ¹ Média de rank | Grupo 2 | Média de rank | p-valor |
|-----------|----------------------------|----------|---------------|----------|
| ARGENFRUT | 22,73 (² n=15) | ASSIST | 83,00 (n=15) | < 0,0001 |
| ARGENFRUT | 22,73 (n=15) | CONTROLE | 8,27 (n=15) | > 0,05 |
| ARGENFRUT | 22,73 (n=15) | NEARG | 38,00 (n=15) | > 0,05 |
| ARGENFRUT | 22,73 (n=15) | NEASS | 66,53 (n=15) | < 0,0001 |
| ARGENFRUT | 22,73 (n=15) | NIM | 54,47 (n=15) | < 0,05 |
| ASSIST | 83,00 (n=15) | CONTROLE | 8,27 (n=15) | < 0,0001 |
| ASSIST | 83,00 (n=15) | NEARG | 38,00 (n=15) | < 0,0001 |
| ASSIST | 83,00 (n=15) | NEASS | 66,53 (n=15) | > 0,05 |
| ASSIST | 83,00 (n=15) | NIM | 54,47 (n=15) | < 0,05 |
| CONTROLE | 8,27 (n=15) | NEARG | 38,00 (n=15) | < 0,05 |
| CONTROLE | 8,27 (n=15) | NEASS | 66,53 (n=15) | < 0,0001 |
| CONTROLE | 8,27 (n=15) | NIM | 54,47 (n=15) | < 0,0001 |
| NEARG | 38,00 (n=15) | NEASS | 66,53 (n=15) | < 0,05 |
| NEARG | 38,00 (n=15) | NIM | 54,47 (n=15) | > 0,05 |
| NEASS | 66,53 (n=15) | NIM | 54,47 (n=15) | > 0,05 |

¹Média da soma de rank para a mortalidade de *M. hirsutus*.

²Número de repetições;

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

No geral, o óleo mineral Assist, NEASS e óleo vegetal de Nim apresentaram bons resultados no controle da cochonilha *M. hirsutus*, podendo ser recomendados no manejo agroecológico desse inseto praga. Entretanto, é necessário à validação desses resultados em campo, testando-se outras dosagens e avaliando-se também reações fitotóxicas sobre as plantas hospedeiras para que estes óleos sejam utilizados com segurança em programas de Manejo Integrado de Pragas, a fim de minimizar os impactos gerados com o uso excessivo de produtos químicos sintéticos.

CONCLUSÕES

- O óleo mineral Assist EC, o óleo vegetal de Nim, e a associação dos mesmos (NEASS) proporcionam alta atividade inseticida às ninfas de segundo ínstar de *M. hirsutus* após 24h de aplicação em laboratório.
- O óleo mineral Argenfrut de forma isolada ou associado ao óleo de Nim (NEARG) não foi eficiente no controle de *M. hirsutus*.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. F. V. **Estudo diagnóstico e taxonômico de cochonilhas (Hemiptera: Coccoidea) associadas às plantas cítricas no estado de São Paulo**, Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2016.

ANIWANOU, C. T. S.; SINZOGAN, A. A. C.; DEGUENON, J. M.; SIKIROU, R.; STEWART, D. A.; AHANCHEDE, A. Bio-Efficacy of Diatomaceous Earth, Household Soaps, and Neem Oil against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) Larvae in Benin. **Insects**, v. 12, n. 1, p. 1-18, 2021.

BEGG, G. S.; COOK, S. M.; DYE, R.; FERRANTE, M.; FRANCK, P.; LAVIGNE, C.; LOVEI, G. L.; MANSION-VAQUIE, A.; PELL, J. K.; PETIT, S.; QUESADA, N.; RICCI, B.; WRATTEN, S. D.; BIRCH, N. E. A functional overview of conservation biological control. **Crop protection**, v. 97, p. 145-158, 2017.

BUTELER, M.; STADLER, T. A review on the mode of action and current use of petroleum distilled spray oils. In: Stoytcheva, M. (Org.). **Pesticides in the Modern World-Pesticides Use and Management. InTech.**, Croatia, p. 119-136, 2011.

EL-AZIZ, N. E. A.; MOHAMED, Z. A.; MOHSEN, A. M. A.; ELSHEAKH, A. A. Toxicity and biochemical effects of mustard and neem oils on second and fourth larval instars of cotton leafworm, *Spodoptera littoralis* (Boisd). **Zagazig Journal of Agricultural Research**, v. 48, n. 1, p. 55-64, 2021.

GOPAL, G. S.; VENKATESHALU, B.; NADAF, A. M.; GURU, P. N.; PATTEPUR, S. Management of the grape mealy bug, *Maconellicoccus hirsutus* (Green), using entomopathogenic fungi and botanical oils: a laboratory study. **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, v. 31, n. 100, p. 1-8, 2021.

JAIN, P.; SATAPATHY, T.; PANDEY, R. K. *Rhipicephalus microplus* (acari: Ixodidae): Clinical safety and potential control by topical application of cottonseed oil (*Gossypium* sp.) on cattle. **Experimental Parasitology**, v. 219, 108017, 2020.

KHAN, H. A. A. Characterization of permethrin resistance in a *Musca domestica* strain: resistance development, cross-resistance potential and realized heritability. **Pest Management Science**, v. 75, p. 2969–2974, 2019.

KHAN, H. A. A. Toxicity, repelente and oviposition deterrent effects os select oils Against the house fly *Musca domestica*. **Journal os Asia-Pacific Entomology**, v. 24, n. 1, p. 15-20, 2021.

MACHADO, L. C.; SANTOS JUNIOR, H. J. G.; CELESTINO, F. N.; MAURI, L. C. R.; KAISER, I. S. Toxicidade de óleos mineirais e vegetais no manejo de *Planococcus citri*. **Acta Ambiental Catarinense**, v. 17, n. 1, p. 63-72, 2020.

MOSSA, A. H. Green Pesticides: Essential Oils as Biopesticides in Insect-pest Management. **Journal of Environmental Science and Technology**, v. 9, n. 5, p. 354 - 378, 2016.

NAJAR-RODRÍGUEZ, A. J.; LAVIDIS, N. A.; MENSAH, R. K.; WALTER, G. H. The toxicological effects of petroleum spray oils on insects – Evidence for an alternative mode of action and possible new control options. **Food and Chemical Toxicology**, v.46, p. 3003-3014, 2008.

PALMA, J. M., BLANCO, M. M. Variantes ultraestructurales de la cochinilla harinosa *Pseudococcus elisae* Borchsenius (Hemiptera: Pseudococcidae) en Costa Rica. **Revista Chilena de Entomología**, v. 44, n. 2, p. 247-255, 2018.

PIMENTEL-FARIAS, A.; TEODORO, A. V.; PASSOS, E. M. dos.; SENA-FILHO, J. G.; SANTOS, M. C. dos.; RABELO-COELHO, C.; JUMBO, L. V. Bioactividad de aceites vegetales a *Orthezia praelonga* (Hemiptera: Sternorrhyncha: Orthezidae) y selectividad a su predador *Ceraeochrysa caligata* (Neuroptera: Chrysopidae). **Revista de Protección Vegetal** v. 33, n. 3, p. 01-09, 2018.

R CORE TEAM (2021). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Versão 4.1.1. <https://www.R-project.org/>.

REDDY, D. S.; CHOWDARY, N. M. Botanical biopesticide combination concept – a viable option for pest management in organic farming. **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, v. 31, n. 23, p. 1-10, 2021.

ROSA DE SÁ, M. G.; OLIVEIRA, J. E. M. Mealybugs on fruit crops in the São Francisco Valley, Brazil. **African Journal of Agricultural Research**, v. 17, n. 6, p. 822-828, 2021.

RUIZ-JIMENEZ, K. Z.; OSORIO-OSORIO, R.; HERNANDEZ-HERNANDEZ, L. U.; UCHOA-FLORES, A. A.; SILVA-VAZQUEZ, R.; MENDEZ-ZAMORA, G. Acaricidal activity of plant extracts Against the red palm mite *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). **Revista de La Sociedad Entomológica Argentina**, v. 80, n. 1, p. 33-39, 2021.

SAHU, C.; JOSHI, S.; GANGULI, J. L. Seasonal incidence of the Mealybug, *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae) on Ashwagandha in Raipur (Chhattisgarh). **International Journal of Plant Protection**, v. 10, n. 2, p. 270-274, 2017.

SANTOS, A. C. B. **Resposta funcional e aspectos biológicos de *Ceraeochrysa everes* (Banks) (Neuroptera: Chrysopidae) à *Maconellicoccus hirsutus* (Green) (Hemiptera: Pseudococcidae)**. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) – Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 84 p, 2021.

SANTOS, R. S.; PERONTI, A. L. B. G. Ocorrência de *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae) em quiabeiro no estado do Acre. **Entomobrasilis**, v. 10, n. 2, p. 135-138, 2017.

SILVA, V. C. P.; KAYDAN, M. B.; GERMAIN, J.; MALAUSA, T.; BOTTON, M. Three new species of mealybug (Hemiptera, Coccoomorpha, Pseudococcidae) on persimmon fruit trees (*Diospyros kaki*) in southern Brazil. **ZooKeys**, v. 584, n. 1, p. 61-82, 2016.

SILVA, V. C. P.; KAYDAN, M. B.; MALAUSA, T.; GERMAIN, J.; PALERO, F.; BOTTON, M. Integrative taxonomy methods reveal high mealybug (Hemiptera: Pseudococcidae) diversity in southern Brazilian fruit crops. **Scientific Reports**, v. 7, n.15741, p. 1-9, 2017.

SPLETOZER, A. G.; SANTOS, C. R.; SANCHES, L. A.; GARLET, J. Plantas com potencial inseticida: enfoque em espécies amazônicas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 31, n. 2, p. 974-997, 2021.

SUROSHE, S. S.; GAUTAM, R. D.; CHANDER, S.; FAND, B. B. Evaluation of insecticides against cotton mealybug, *Phenacoccus solenopsis* Tinsley and their safety to important predator, Indian **Journal of Experimental Biology**, v. 58, p. 254-262, 2021.

TULASHIE, S. K.; ADJEI, F.; ABRAHAM, J.; ADDO, E. Potencial of neem extracts as natural insecticide against fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Case Studies in Chemical and Environmental Engineering**, v. 4, 100130, 2021.

YANG, Q.; ARTHURS, S.; LU, Z.; LIANG, Z.; MAO, R. Use of horticultural mineral oils to control potato virus Y (PVY) and other non-persistent aphid-vectored viroses. **Crop Protection**, v. 118, p. 97-103, 2019.

CARACTERIZAÇÃO DOS CONSUMIDORES, ATACADISTAS E VAREJISTAS DO MERCADO DE FRUTAS IN NATURA DO MUNICÍPIO DE SÃO LUÍS

Ingrid Raquel Melo Costa¹

Ana Maria Aquino dos Anjos Ottati²

INTRODUÇÃO

As frutas são ricas em vitaminas, sais minerais, fibras e carboidratos, por isso estão entre os principais alimentos para se manter uma alimentação saudável e balanceada. Estudos médicos comprovam que as frutas são a base para uma alimentação saudável e bem-estar das pessoas por possuírem qualidades funcionais, importantes na prevenção de doenças (ABRAFRUTAS, 2018).

O consumo de frutas vem aumentando ao longo dos anos e, segundo a pesquisa realizada em 2019 pela Confederação Nacional da Agricultura (CNA), a população brasileira ainda consome pouca fruta, precisa de campanhas para promover o aumento do consumo (CNA, 2019). A mudança observada nos hábitos e nas preferências alimentares dos consumidores, o aumento da idade média da população, a busca por uma melhor qualidade de vida e a elevação da renda e nível de escolaridade, são fatores que reforçam a tendência de valorização dos benefícios proporcionados pelas frutas (BUAINAIN; BATALHA, 2007; NEUTZLING *et al.* 2009).

¹ Graduanda do Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Maranhão - CCA/UEMA.

² Doutora em Desenvolvimento Rural pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Profa. do Departamento de Economia Rural do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Maranhão - DER/CCA/UEMA.

Para Buainain e Batalha (2007) essas características, aliada às exigências dos consumidores, ao mesmo tempo em que valorizam e reforçam a expansão do mercado, indicam as tendências a serem seguidas e revelam as condições implícitas e explícitas para participação com sucesso no mercado de frutas. De um lado, a capacidade de produzir frutas de qualidade, saudáveis, comercializadas de maneira apropriada a preços competitivos; de outro, a inserção em cadeias de suprimento de âmbito internacional e construção de reputação consistente com as exigências do mercado.

Conhecer os aspectos relacionados ao processo de compra de frutas in natura por parte dos consumidores torna-se importante, pois o conhecimento do perfil destes é fundamental para que o produtor, as associações, cooperativas, as agroindústrias e os distribuidores possam adequar sua oferta às necessidades e desejos específicos do público a ser atendido. Nesse sentido é preciso, principalmente, conhecer o gosto e preferência do mercado que se quer atender, como ele se distribui geograficamente, o poder de compra da população, as exigências do mercado etc. Para Silva e Batalha (2013), é importante a análise do comportamento do consumidor e, para isso, se faz necessário conhecer dados socioeconômicos, demográficos, pessoais, psicológicos e culturais.

Conhecer o comportamento do consumidor está cada vez mais importante para que se aperfeiçoe a produção e a distribuição

de um produto, por exemplo, qual o local de preferência de compras, a renda média familiar, quais produtos ele leva para casa, são informações imprescindíveis para aqueles que desejam ingressar ou se reposicionar no mercado. Para Moda *et al.* (2019), analisando o comportamento do consumidor mundial, afirmaram que o consumidor mudou, antes levavam em consideração o preço, sabor e conveniência, atualmente, além desses fatores, também são consideradas a saudabilidade e a sustentabilidade da produção. Porém, concluem que no Brasil ainda prevalece como prioridade a marca, o sabor e, principalmente, o preço.

Chegamos em 2020 com a necessidade ainda maior de conhecer o comportamento do consumidor devido as modificações nas configurações do atacado e varejo, antes separados, atualmente formam também os “atacarejos”, juntos conquistam uma parcela maior do mercado consumidor. Por outro lado, hoje não temos só as lojas físicas, também são fortes concorrentes as lojas virtuais, principalmente a partir do isolamento social necessário para combater a transmissão da Covid-19.

Mais do que nunca o consumidor, de modo geral, busca a qualidade do produto, melhores preços e praticidade na aquisição e consumo dos produtos, em especial, dos alimentos. Dessa forma, tornar-se importante conhecer as características dos consumidores, que, de certa forma, têm suas especificidades para cada produto e mercado, assim como, as características mercadológicas dos

produtos. Ambas as informações servem para nortear produtores e/ou varejistas no que se refere as decisões de produzir e comercializar conforme exigências dos que irão comprar e consumir seus produtos.

Considerando a importância do comportamento do consumidor para nortear a produção e a comercialização local de frutas, assim como, para a crescimento econômico de uma região, esta pesquisa tem por objetivo analisar as atuais tendências do mercado de frutas no município de São Luís com base no perfil de seus consumidores e características do mercado atacadista e varejista.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Organização Mundial de Saúde desde 2002 recomenda o consumo de 400 gramas/pessoa/dia de frutas e hortaliças, o que equivale, aproximadamente, ao consumo diário de cinco porções desses alimentos pelo menos cinco dias da semana. No Brasil, essa recomendação é chamada, pelo Ministério da Saúde, de “consumo regular de frutas e hortaliças” e considera como população alvo pessoas com idade a partir de 18 anos. Dados da pesquisa realizada pelo Ministério da Saúde nas 26 capitais dos Estados brasileiros e o Distrito Federal em 2018, mostram que a frequência de adultos que consomem a porção diária recomendada variou de 15,9% em Belém a 30,2% em Florianópolis, sendo que em São Luís foi de 21,1%. A mesma

pesquisa evidencia que a frequência de consumo regular variou de 23% em Belém a 44,7% em Florianópolis, em São Luís, a frequência foi de 28,1%, ocupando a 22ª posição no país. No conjunto da população adulta das 27 capitais, a frequência de consumo regular de frutas e hortaliças foi de 33,9%, sendo maior entre as mulheres, pessoas a partir de 65 anos e com maior nível de escolaridade. Quanto menor a idade, menor é o consumo de frutas e hortaliças (BRASIL, 2019).

Outros dados mostram o baixo consumo de frutas no Brasil. Uma pesquisa realizada em 2017 para Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frutas e Derivados (Abrafrutas) em 148 municípios brasileiros, afirma que 40% da população consome frutas, legumes e verduras diariamente (ABREC, 2018). Uma outra, apresenta que o consumo per capita do brasileiro é de apenas 57 kg/habitante ao ano, e o recomendado pela OMS é de 140 quilos. (KIST *et al.*, 2019).

As regiões de maior consumo são o Sul e Sudeste, mas nos últimos anos tem aumentado consideravelmente o consumo do Centro-Oeste e do Nordeste, principalmente de laranja e banana, que junto com a maçã e mamão, são as frutas mais consumidas em todo o país (SEBRAE, 2013). Para a Abrafrutas o consumo de frutas no mundo e no Brasil continuará crescendo, apesar da crise econômica, baixos índices de crescimento do PIB e aumento da taxa de desempregos no mundo, tanta confiança é baseada no potencial

produtivo e de exportação do setor. Em 2018 as exportações de frutas frescas produzidas e comercializadas no Brasil representava 2,5% do volume total, mas, o potencial para crescimento é muito grande quando se considera novos mercados, principalmente os asiáticos (ABRAFRUTAS, 2018).

No entanto, o potencial produtivo e social da fruticultura brasileira depende de uma melhor organização do setor, da modernização da comercialização e de incentivos para inovação tecnológica e agregação de valor. Por isso, identificar os obstáculos e compreendê-los no sentido de minimizar seus efeitos no mercado é um passo relevante no que tange a conferir competitividade ao setor, uma vez que estas informações servirão para conscientização e tomada de decisão de todos os agentes atuantes. Para os produtores locais, em geral, produtores familiares, mesmo com baixa participação no abastecimento do mercado de São Luís, saber o comportamento dos consumidores é muito importante para incentivar os produtores a aumentarem a produção e melhorar a qualidade dos produtos.

O município de São Luís apresenta um grande potencial como centro consumidor de produtos agrícolas, no entanto, há uma grande carência de informações com relação às frutas que se encontram à disposição no varejo, tais como: a procedência, condições de transporte e cuidados adotados para a conservação e volume comercializado. No município de São Luís, Mochel Filho (2005) e

Lisboa (2008), estudando o comportamento dos consumidores de frutas, afirmaram que as maiores reclamações são a respeito do atendimento no ponto de venda, ao acondicionamento e exposição das frutas e qualidade do produto oferecido em relação ao preço cobrado. Mas, atualmente, qual será o perfil do consumidor de frutas da cidade de São Luís? Será que o produtor e o mercado varejista se adequaram às exigências cada vez maiores dos consumidores? Sendo assim, para entender o mercado de frutas no município, o primeiro passo é analisar qual é o processo de decisão de compra do consumidor e as estratégias de distribuição. Deste modo, compreender as motivações de compra dos consumidores de frutas no mercado de São Luís é relevante para os produtores, atacadistas e varejistas, a fim de melhor adequar a oferta de frutas à demanda local.

METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada com consumidores, atacadistas e varejistas de frutas da cidade de São Luís – MA entre os meses de agosto 2020 e julho de 2021. A cidade de São Luís é a Capital do estado do Maranhão e está localizada na mesorregião Norte Maranhense e microrregião Aglomeração Urbana de São Luís, com uma área de 583,063km² e uma população estimada em 2021 de 1.115.932 habitantes (IBGE, 2021).

A coleta de informações sobre os consumidores foi realizada através de um questionário semiestruturados composto por 21 perguntas a partir do Google Formulário. Participaram da pesquisa 252 consumidores distribuídos em 59 bairros de São Luís. Essa diversidade de bairros fez com que houvesse maior e melhor comparação do modo de consumo, escolaridade e renda entre as famílias de São Luís. Para os atacadistas e varejistas, devido ao número reduzido de empresas e necessidade de observações visuais no estabelecimento, os questionários foram aplicados de forma presencial respeitando todos os protocolos de segurança. Os locais de varejo visitados foram a feira da Cidade Operária (14 questionários), Mercado Público da Cohab (9 questionários) e do João Paulo (15 questionários), frutarias do bequimao (4), supermercado Mix Pinheiro Bequimão, Supermercado Mineirão, Assaí Atacadista do Turu, Atacadão e Mateus.

A pesquisa utilizou métodos quantitativos e qualitativos. Para Dalfovo *et al.* (2008), o método quantitativo caracteriza-se pelo emprego de quantificação, tanto nas modalidades de coleta de informações, quanto no tratamento desses por meio de técnicas estatísticas. O método qualitativo se caracteriza por um maior foco na compreensão dos fatos.

Todas as análises estatísticas foram realizadas através dos Programas *Excel* (*Microsoft Office Excel*). Os resultados estão

apresentados em gráficos e taxas percentuais com o objetivo de simplificar e tornar os dados mais facilmente perceptíveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

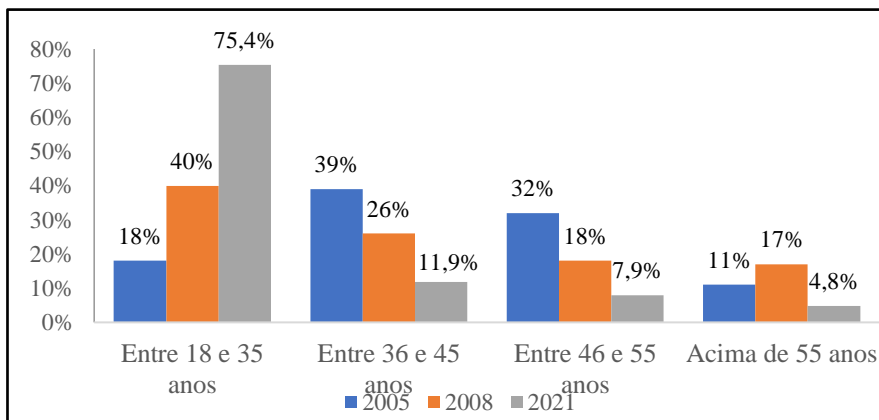
Os resultados serão apresentados primeiramente através da caracterização do perfil dos consumidores e em seguida serão apresentados a caracterização do mercado atacadista e varejista de frutas de São Luís

Caracterização do perfil dos consumidores de frutas da cidade de São Luís e identificação das mudanças que ocorreram a partir dos dados de 2021 e de Mochel Filho (2005) e Lisboa (2008)

A partir da análise dos resultados obtidos, foi possível constatar que 75,4% dos consumidores estão na faixa etária entre 18 e 35 anos, a mesma encontrada por Lisboa (2008), porém com um percentual inferior ao atual (40%). Quando comparado com o resultado obtido por Mochel Filho (2005), observa-se que houve uma mudança de faixa etária, nesse período, o maior grupo de consumidores estava com idade de 36 e 45 anos (39%). Preocupante que a faixa etária a partir de 36 anos vem mostrando queda no consumo, principalmente a partir dos 55 anos. A pesquisa mostra um aumento considerável de consumo de frutas entre a população mais jovem, fato que pode estar associada ao maior número de pessoas

dessa idade frequentando academias e buscando a prática de exercícios físicos (Figura 1).

Figura 1- Faixa etária dos consumidores de frutas in natura do município de São Luís/MA



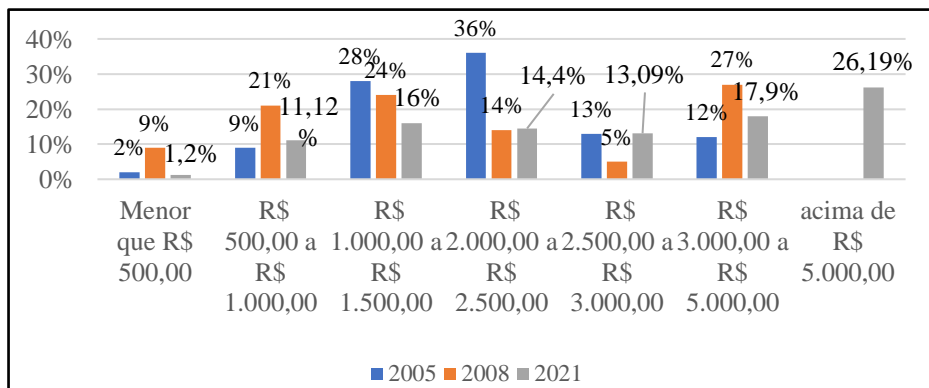
Fonte: Elaborado pelas autoras utilizando dados coletados na pesquisa (2021).

De acordo com Souza *et al* (2019), alguns estudos com os idosos mostram que o aumento no consumo de frutas ocorre entre os indivíduos que praticam de algum tipo de atividade física no lazer. Os gastos com medicamentos e planos de saúde fazem com que haja uma redução na quantidade de dinheiro disponível, o que acaba acarretando o consumo de alimentos de baixo custo e fácil preparo, predispondo a inadequações alimentares (FAZZIO, 2012). Para Steele (2020), outro fator que pode ser levado em consideração para a busca de uma alimentação saudável seria a preocupação em aumentar as defesas imunológicas do corpo, já que no ano de 2021 ainda se vivencia a pandemia.

Na pesquisa feita por Lisboa (2008), a maioria dos consumidores era do sexo feminino (62%), comparando com os dados atuais, observa-se que esse número aumentou chegando a representar 75% do total analisado. Em contrapartida, o público masculino saiu de 38% para 25%.

Ao analisar a renda familiar observamos uma variação de R\$ 500,00 a um valor superior a R\$ 5.000,00, esse último com o maior número de representantes com 66% dos consumidores, seguido pelos que recebem acima de R\$ 3.000,00 a R\$ 5.000,00 (17,9%). Nos dados de Mochel Filho (2005) o grupo que apresentou maior porcentagem foi o de R\$ 2.000,00 a R\$ 2.500,00. Já para Lisboa (2008), o maior grupo era o com renda acima de R\$ 3.000,00 a R\$ 5.000,00. Percebe-se que ao longo dos anos a renda familiar dos consumidores de frutas cresceu, o que com certeza, favoreceu o crescimento do consumo. Em todas essas pesquisas observa-se que o consumo de fruta não é acessível à população mais pobre, fato que compromete a saúde dessas pessoas (Figura 2).

Figura 2 - Renda dos consumidores nos anos de 2005, 2008 e 2021- São Luís/MA



Nota: A opção acima de R\$ 5.000,00 não consta nos anos de 2005 e 2008.

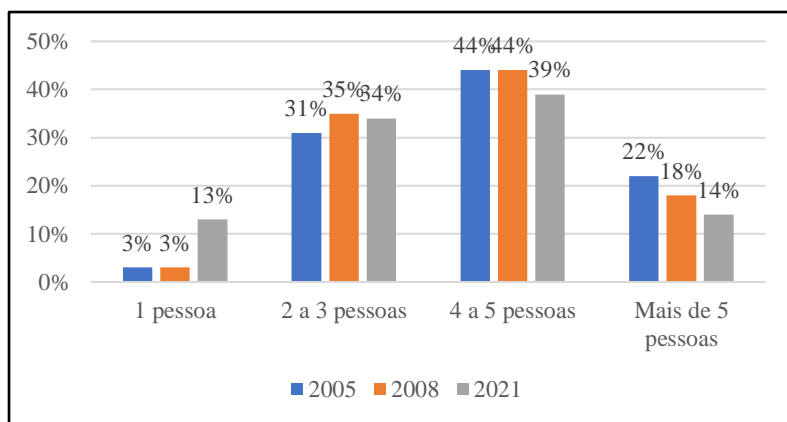
Fonte: Elaborado pelas autoras utilizando dados coletados na pesquisa (2021).

Ao analisar o nível de escolaridade, observa-se que no ano de 2021 a maior parte está inclusa no grupo de superior incompleto (45,6%). É possível observar também que o nível fundamental completo e incompleto caiu nesses 12 anos de intervalo entre as pesquisas, juntos passaram de 15% para 3,8%, assim como, o nível de ensino superior completo e incompleto e pós-graduação aumentaram, juntos passaram de 35% para 80,6%. Constata-se que o nível educacional dos consumidores de frutas melhorou o que comprova que o aumento da renda, já mencionado anteriormente, e o nível educacional, influenciam positivamente o consumo de frutas.

Foi observado que a composição da família apresentou uma mudança significativa no número de pessoas que moram sozinhas, passando de 3% nas primeiras análises para 13% em 2021, assim como também, na redução das famílias com mais de 5 pessoas, passando

de 22% em 2005 para 14% em 2021. Houve redução nas famílias com 4 e 5 pessoas, passando de 44% para 39%. Esses dados acompanham a tendência nacional que mostra a redução no número de filhos e composição familiar para até 3 pessoas e o aumento de pessoas morando sozinhas. Esses dados, juntamente com o aumento da renda e a escolaridade, podem ter favorecido o aumento do consumo de frutas. O número de pessoas na família influencia diretamente na quantidade de frutas compradas (Figura 3).

Figura 3 – Composição familiar dos consumidores nos anos de 2005, 2008 e 2021– São Luís/MA

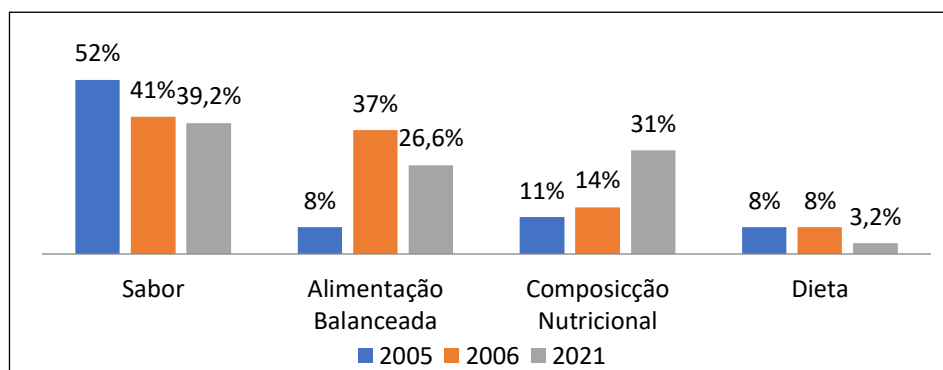


Fonte: Elaborado pelas autoras utilizando dados coletados na pesquisa (2021)

É interessante observar que nas três pesquisas a motivação do consumo de frutas é o sabor, porém apresenta valores reduzindo de 52% para 39,2% em 2005 e 2021, respectivamente. Por outro lado, está ganhando força entre os consumidores a preocupação com a composição nutricional que passou de 11% para 31% na pesquisa atual

e a alimentação balanceada, com 8% em 2005 e em 2021 com 26,7% (Figura 4). Essa maior consciência da importância das frutas para a saúde deve estar associada ao aumento do consumo por parte do público mais jovem, público mais preocupado com o corpo/saúde, aumento da renda e nível de escolaridade dos consumidores de São Luís.

Figura 4 – Motivação para o consumo de frutas nos anos de 2005, 2008 e 2021– São Luís/MA



Fonte: Elaborado pelas autoras utilizando dados coletados na pesquisa (2021).

Foi observado que a maioria dos consumidores costuma comprar frutas nos supermercados (42,7%), dado que corrobora com Lisboa (2008), porém com percentual um pouco mais baixo (49%). A preferência pelo supermercado é uma tendência no mundo moderno justamente por ser um local que apresenta uma grande diversidade de produtos para o consumidor. A compra em feira livre foi a segunda opção que apresentou maior percentual (24,8%). Esse resultado foi diferente do obtido por Lisboa (2008), onde a segunda opção com

maior percentual foi o Mercado Municipal com 25%. Feiras e mercados são locais onde os consumidores conseguem adquirir mais facilmente produtos frescos, com menor preço e uma maior variedade de produtos como, por exemplo, frutas da estação. A opção da compra na feira nos últimos anos tem sido impulsionada pelo aumento no número de feiras itinerantes na cidade. Um fato que chama a atenção nos dados foi a perda da importância da compra na Ceasa, onde 15% dos consumidores em 2005 davam preferência e atualmente apenas 3%. A falta de tempo, a qualidade das frutas encontradas nas outras opções de venda, podem explicar essa redução.

O principal critério levado em consideração pelos consumidores no momento da compra de frutas foi a qualidade do produto exposto (30,4%), assim como na pesquisa de Lisboa (2008). O segundo fator com maior relevância é a higiene e limpeza do local de venda com 24%. Esse fator pode ser um dos que leva os consumidores a comprarem mais em supermercados, já que nesse local se observa uma melhor conservação, seleção e higiene dos alimentos quando comparados com os encontrados nas feiras. Fatores como horário de atendimento, facilidade de pagamento (muito considerado em 2005) e atendimento, atualmente não aparecem com tanta relevância por serem fatores que fazem parte do cotidiano das empresas, até mesmo por serem critérios que favorecem ou não a concorrência no mercado, assim, as empresas já

buscam oferecer isso aos consumidores. Percebe-se que o critério da proximidade da residência é importante nos dias de hoje devido ao número de locais que disponibilizam a venda das frutas, o número de estabelecimentos aumentou muito em todos os bairros, variando de grandes redes de supermercado à pequenas vendas.

Quando perguntados sobre a qualidade das frutas comercializadas em São Luís, 43% dos consumidores consideram de boa qualidade e para 45% deles, as frutas possuem qualidade regular. Porém, o percentual de consumidores que consideravam as frutas de boa qualidade vem descaindo ao longo dos anos, passando 69%, 64% e 43% nas pesquisas de 2005, 2008 e 2021, respectivamente. Por outro lado, aumenta os que acham a qualidade regular apresentando valores de 27%, 31% e 45%, respectivamente. Percebe-se que o número de consumidores que consideram as frutas comercializadas de ótima qualidade é muito baixo, passaram-se os anos e a percepção do consumidor não mudou, nas três pesquisas o percentual não passou de 5%. Pode-se inferir que isso ocorre pelo fato das frutas comercializadas na cidade, em sua grande maioria, terem origem em outros Estados, percorrerem grandes distância, não serem adequadamente colhidas no ponto de amadurecimento e da falta de cuidados no manuseio e armazenamento. Para Cenci (2006) a qualidade das frutas está diretamente ligada ao manejo do cultivo e a pós-colheita.

Quando questionados sobre o que era uma fruta de qualidade as respostas foram: frutas sem agrotóxicos, com boa aparência e bom sabor, sem lesões e maduras. Essa visão dos consumidores mostra que a agricultura orgânica pode crescer cada vez mais na cidade de São Luís, tendo em vista que os consumidores estão buscando produtos em que não se utiliza químicos em sua produção, mesmo que essa consciência ainda seja muito restrita a poucos consumidores.

Para Diniz (2014), a grande heterogeneidade e exigência do mercado ocorrem justamente pelo fato de se ter consumidores distintos com idade, classe social, renda, preferências e localidades diferentes, justamente o que foi encontrado em São Luís, o que falta é explorar os vários nichos de mercado encontrados, direcionando os produtos conforme o gosto, preferência, renda, escolaridade bairro etc. Atualmente na cidade de São Luís já encontramos redes de varejo que atentaram para a importância da segmentação do mercado ao posicionarem suas lojas em bairros distintos.

Quando questionados em relação à frequência de compra, os consumidores relataram comprar suas frutas semanalmente (69%). A compra diária realizada por 75% dos consumidores na pesquisa de Mochel Filho (2005) e por 65% na pesquisa de Lisboa, caiu para 15% na pesquisa atual. Essa mudança pode ser fruto da mudança do comportamento do consumidor em não ir em feiras, supermercados etc. diariamente, concentram suas compras, na maioria das vezes, em

um dia da semana, mesmo porque as frutas bem conservadas duram bastante dias, mesmo com seu alto grau de perecibilidade. Acredita-se que esse comportamento está associado ao isolamento social necessário durante a pesquisa da Covid 19, constatação que corrobora com (BERNO, 2020). Outro fator a ser citado é a falta de tempo devido às outras atividades desenvolvidas e a busca da praticidade no dia a dia.

Diferente da frequência de compra, a frequência de consumo de frutas ocorre diariamente (82,1%). Esse percentual obteve aumento de 17,1% quando comparado com Lisboa (2008). O consumo esporadicamente foi de 17,9%, esse foi o menor percentual encontrado nos três anos. Esse comportamento pode estar associado ao aumento do consumo de frutas por pessoas mais jovens, com a maior preocupação com a saúde, pela maior variedade de frutas no mercado e, claro, por fatores como renda, nível de escolaridade e pelo sabor da fruta, já que foi o principal fator apontado no motivo para o consumo.

Os dados mostraram que apenas 26,9% dos consumidores usam uma lista de compras e que 62,3% preferem comprar frutas a granel e que, apenas, 34,9% gostam de produtos embalados. Provavelmente esses dados estão ligados à cultura local. A falta de uma lista pode ocasionar a compra de produtos repetidos, a quantidades que podem levar ao desperdício e a falta de diversificação das frutas, pois o hábito da compra é que direciona a

escolha. Por outro lado, a embalagem favorece a agregação de valor ao produto, pois a venda pode ser de frutas minimamente processada e na forma de salada de frutas pronta para o consumo.

Observando os fatores levados em consideração no momento da compra de frutas, constatamos que, diferente dos anos anteriores, em 2021 o fator preço para a compra de produtos apresentou queda. Isso mostra que o consumidor está disposto a pagar um preço maior para obter produtos melhores. O item que apresentou um maior percentual em 2021 foi a qualidade com 28%, mas esse item foi menor do que o apresentado por Lisboa (2008) que foi de 49%. A aparência também é um fator que voltou a ter uma alta chegando a 21% em 2021, porém 10% a menos do que o valor encontrado por Mochel Filho (2005), mas maior do que o de Lisboa (2008). O item sabor e aroma também cresceram, esse fator foi apontado como o principal motivo para o consumo de frutas na cidade de São Luís.

Quando questionados sobre as informações que gostariam de receber, o que se destacou foi a procedência do produto que consome, saltando de 2% em 2005 para 35,2% em 2021. Seguido pela composição nutricional que também teve alta, benefícios para a saúde e formas de utilização. Os consumidores preferem receber as informações sobre os produtos nas embalagens (67%), corroborando com Lisboa (2008). Esse fator está relacionado com a facilidade de visualização e a não dependência de outros meios para se obter informações sobre o produto que está em mãos. Nesse sentido, o

item panfletos apresentou uma queda de 38,2%, até mesmo porque a internet tem substituído as formas impressas.

Os consumidores apresentaram preferência em consumir produtos vendidos a granel (62%). Aqui está presente a cultura da população, recentemente o uso de embalagens foi mais intensificado no varejo da cidade e, provavelmente, para evitar danos físicos aos produtos na exposição. Esses resultados também foram encontrados por Mochel Filho (2005) e Lisboa (2008), onde a opção obteve 61% e 94%, respectivamente.

Quando perguntado aos consumidores o que poderia ser melhorado no comércio de frutas de São Luís, encontramos: a higiene, a forma de armazenamento, maior diversificação de produtos, a exposição e o preço.

Descrição do mercado atacadista e varejista de frutas de São Luís e a procedência das frutas comercializadas no mercado de São Luís

Os produtos vendidos em São Luís pelos supermercados, frutarias e feiras são obtidos na Cooperativa dos Hortifrutigranjeiros do Maranhão (Ceasa) e no mercado do João Paulo, locais abastecidos por caminhões que chegam diariamente com frutas e legumes de vários Estados.

Para os varejistas, o fator decisivo no momento da compra são os preços, ou seja, onde os produtos estão saindo mais baratos. Esses

produtos são trazidos da Bahia (manga, mamão, banana), Ceará (mamão formosa, mamão papaia e banana), Pernambuco (melancia e banana), Sergipe (laranja), Paraíba (abacaxi pérola), Goiás (melancia), Piauí (coco verde), Pará (laranja e maracujá), São Paulo (manga, Goiaba, caqui, kiwi, laranja), Rio Grande do Norte (melão), Rio Grande do sul e Santa Catarina (maçã) e Maranhão. Do Maranhão ganham destaque os municípios de Turiaçu e São Domingos (abacaxi Turiaçu, abacaxi pérola e o turipaz), município de Paço do Lumiar (coco da baía) e município de Itinga (banana).

Ao observar o ambiente de comercialização dos mercados públicos, constata-se que houve reformas em alguns deles, por isso, o ambiente se encontra mais limpo, com melhor exposição e diversidade de produtos. Por outro lado, ainda existem feiras com a higiene péssima, os produtos são colocados em cima de lonas e existe a presença de muito lixo no ambiente. Esse é o caso do entorno do mercado público do João Paulo, como já dito, um grande centro de distribuição e de varejo da cidade de São Luís. Nos supermercados, observa-se total higiene e produtos com melhor qualidade e melhor maneira de exposição (Figura 5).

**Figura 5 – Mercado público do bairro da Cohab (A),
parte externa do mercado público do bairro do João Paulo (B)
e exposição das frutas em supermercado (C)– São Luís/MA**



Fonte: COSTA (2021).

CONCLUSÃO

A partir dos dados analisados sobre o perfil dos consumidores, constatou-se um maior consumo de frutas pela população adulta e jovem, com maior preocupação com a saúde e componentes nutricionais dos alimentos, porém, a renda e a educação são pontos primordiais para essa parcela de consumidores apresentando uma relação direta dessas duas variáveis com o aumento do consumo.

Quanto as diferença encontradas entre as pesquisas de Mochel Filho (2005) e Lisboa (2008), o aumento na participação da mulher, a faixa etária que costuma consumir frutas e a renda foram os parâmetros que mais apresentaram diferenças, mostrando que ao longo dos anos o mercado de frutas em São Luís se modificou devido a melhorias de variáveis importantes para o aumento da demanda, como por exemplo, maior número e melhor distribuição geográfica dos supermercados, desde os bairros de classe baixa a alta; maior variedade de frutas ofertadas; aumento de renda e escolaridade.

Porém, a higiene e limpeza, qualidade das frutas e informações sobre o produto, ainda são demandas dos consumidores, tanto que a preferência da realização da compra ainda é crescente nos supermercados, locais que, de certa forma, oferecem esses parâmetros para os consumidores.

Quanto ao atacado, a pesquisa mostrou que ainda permanecem na cidade como centro distribuidores a Cooperativa dos Hortifrutigranjeiros do Maranhão (Ceasa) e o Mercado Público do João Paulo, sendo a Ceasa grande distribuidora para grandes e pequenos comércios localizados nos diversos bairros, assim como, para grandes redes de varejo presentes na cidade. Quanto ao varejo, hoje é dominado por uma grande rede de supermercado, mas também, mostrou a presença de supermercados e atacarejos em um maior número de bairros em relação às pesquisas anteriores.

O que não mostrou diferença foi a dependência de São Luís por frutas de outros Estado, como Bahia, Ceará, Pernambuco, Sergipe, Rio Grande do Norte, Paraíba, Goiás, Piauí, Pará, São Paulo, Rio Grande do Sul e Santa Catarina, porém, nos últimos anos houve aumento da produção de abacaxi, coco verde e banana no Estado.

REFERÊNCIAS

ABRAFRUTAS. Associação Brasileira dos Produtores Exportadores de Frutas e Derivados. **Fruticultura: setor em expansão**. 2018. Disponível em: <<https://abrafrutas.org/2018/08/14/fruticultura-setor-em-expansao/>>. Acesso em: 02 de mai. 2020.

ABREC. Associação de Bares, Restaurantes e Eventos Culinários do Barreiro. **Brasil: um dos maiores produtores de frutas, legumes e verduras no mundo.** 2018. Disponível em: <<https://abrecbarreiro.com.br/frutas-legumes-e-verduras/>>. Acesso em: 02 mai. 2020.

BERNO, Natalia Dallocca; DA SILVA, Pollyane Vieira. Perfil de consumidor de frutas e hortaliças durante a quarentena (Pandemia COVID-19). **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 21, n. 1, 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Vigitel Brasil 2018: vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico e estimativas sobre frequência e distribuição sociodemográfica de fatores de risco e proteção para doenças crônicas nas capitais dos 26 estados brasileiros e no Distrito Federal em 2018.** Brasília: Ministério da Saúde, 2019. 132 p.

BUAINAIN, Antônio Márcio; BATALHA, Mário Otávio. **Cadeia Produtiva de Frutas.** 2007. Disponível em: <<https://repositorio.ica.int/bitstream/handle/11324/7743/BVE19040051p.pdf;jsessionid=E4A513FEB770267B535203812C7D0526?sequence=1>>. Acesso em: 15 fev. 2020.

CENCI, S. A. Boas Práticas de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças na Agricultura Familiar. In: Fenelon do Nascimento Neto. (Org.). **Recomendações Básicas para a Aplicação das Boas Práticas Agropecuárias e de Fabricação na Agricultura Familiar.** 1a ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006, v., p. 67-80

CNA. Confederação Nacional da Agricultura. **Pesquisa revela o perfil de consumo de frutas e verduras do brasileiro.** 2019. Disponível em: <<https://www.todafruta.com.br/pesquisa-revela-o-perfil-de-consumo-de-frutas-e-verduras-do-brasileiro/>>. Acesso em: 02 de mai. 2020.

DALFOVO, Michael Samir *et al.* **Métodos quantitativos e qualitativos: um resgate teórico.** 2008. Disponível em: <http://www.ca.unisc.br/portal/upload/com_arquivo/metodos_quantitativos_e_qualitativos_um_resgate_teorico.pdf>. Acesso em: 02 fevereiro 2020.

DINIZ, Patrícia dos Santos. **O perfil do consumidor idoso da cidade de São Luís/MA:** uma análise quanto aos hábitos de compra de produtos alimentícios. 2014. 68 f. Monografia (Curso de Administração) – universidade Federal do Maranhão. São Luís, 2014.

FAZZIO, D.M.G. Envelhecimento e qualidade de vida: uma abordagem nutricional e alimentar. **Revista de Divulgação Científica Sena Aires.** Vol. 1. Num. 1. 2012. p. 76-88

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades. 2021.** Disponível em: <https://ibge.gov.br/cidades-e-estados/ma/sao-luis.html>. Acesso em: 05 jun. 2021.

KIST, Benno Bernardo *et al.* **Anuário brasileiro de horti&fruti 2019.** Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2019. 96 p.

LISBOA, Eliane Pereira. **Perfil dos consumidores e aspectos da comercialização de frutas no município de São Luís – MA.** 2008. 50 f.. 2005 Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2008.

MOCHEL FILHO, William de Jesus Ericeira. **Perfil dos consumidores de frutas no município de São Luís – MA.** 2005. 38 f. Trabalho de Conclusão do Curso Especialização (Fruticultura Comercial) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

MODA, Laleska Rossi *et al.* O consumidor de frutas. **Hortifruiti Brasil**, p. 10-13, março, 2019

NEUTZLING, Marilda Borges *et al.* Fatores associados ao consumo de frutas, legumes e verduras em adultos de uma cidade no Sul do Brasil. **Cad. Saúde Pública**, v. 25, n.11, p.2365-2374, nov. 2009.

SEBRAE. Serviço Nacional de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Maior consumo de frutas nos lares brasileiros**. 2013. Disponível em: <<http://www.sebraemercados.com.br/maior-consumo-de-frutas-nos-lares-brasileiros/>>. Acesso em: 18 mai. 2020.

SILVA, Andrea Lago da; BATALHA, Mário Otávio. Marketing estratégico aplicado ao agronegócio. In: BATALHA, Mário Otávio (Coord.). **Gestão Agroindustrial**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2013, v. 1.

SOUZA, Bianca Bittencourt de *et al.* Consumo de frutas, legumes e verduras e associação com hábitos de vida e estado nutricional: um estudo prospectivo em uma coorte de idosos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 24, p. 1463-1472, 2019.

STEELE, Eurídice Martínez *et al.* Mudanças alimentares na coorte NutriNet Brasil durante a pandemia de covid-19. **Revista de Saúde Pública**, v. 54, 2020.

CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS PARA O ESTADO DO MARANHÃO E OS IMPACTOS NO NÚMERO DE GERAÇÕES E CICLO DE VIDA DA MOSCA DA FRUTA.

Fernando José Pereira Ferreira¹

Ronaldo Haroldo Nascimento de Menezes²

INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas envolvem simultâneas e complexas alterações de muitas variáveis ambientais, mas principalmente a temperatura do ar (TRENBERTH ET AL., 2007). A temperatura é um dos fatores abióticos que exercem grande influência sobre a biologia do inseto e esse fator pode afetar a duração do ciclo de vida, o voltinismo, a densidade populacional, o tamanho e composição genética, a extensão da exploração da planta hospedeira, bem como a distribuição local e geográfica ligada à colonização e extinção (BALE et al., 2002).

Os insetos são ectotérmicos exibindo um elevado grau de sensibilidade à temperatura ambiente em seus processos fisiológicos. De modo que, diversas evidências indicam que não só maior temperatura, mas também as maiores variabilidades climáticas podem ter efeito significativo sobre os organismos e ecossistemas. As espécies apresentam respostas individuais à temperatura, a concentração de dióxido de carbono, e outros fatores ambientais,

¹ Graduado do curso de Agronomia da Universidade Estadual do Maranhão; Mestrando em Agronomia/Ciência do solo - UFRRJ

² Prof^o Doutor do Curso de Agronomia pela Universidade Estadual do Maranhão, departamento de Engenharia Agrícola.

sendo assim, as mudanças climáticas poderão afetar a associação temporal e espacial entre as espécies que interagem em diferentes níveis tróficos (ABREU et al., 2014).

Dentre as pragas que afetam a fruticultura, a mosca-das-frutas *Anastrepha fraterculus* é a de maior expressão econômica. Está presente tanto em cultivo convencional como no protegido (Chavarria et al., 2009) e em alguns locais a mesma ocasiona perda total das frutas, inviabilizando a prática da fruticultura (Carvalho, 2005). Dentre os danos diretos podem ser citados a diminuição da produção, desvalorização das frutas e o aumento dos custos devido ao controle (Felix et al., 2009); indiretamente, o dano está associado ao fato de serem consideradas pragas quarentenárias (PARANHOS ET AL., 2007).

Muitos processos no desenvolvimento biológico dos insetos, como crescimento, alimentação, oviposição, número de gerações anuais e comportamento, são dependentes da temperatura do ar. Dentro de limites de tolerância para o desenvolvimento, a velocidade de desenvolvimento é extremamente afetada pela temperatura (ANDRADE et al., 2008).

Segundo Rodrigues (2004), a temperatura ótima para o desenvolvimento do inseto está próxima de 25°C e em geral corresponde ao desenvolvimento mais rápido e maior número de descendentes. A temperatura de 38°C é considerada o limiar máximo e a temperatura de 15°C o limiar mínimo. Desta forma, a faixa entre

15°C e 38°C, considera-se a faixa ótima de desenvolvimento da maioria das espécies de insetos.

Modelos de graus-dias constituem uma ferramenta muito útil para programas de manejo de pragas devido possibilitarem a previsão do desenvolvimento destes insetos. Deste modo, estes modelos proporcionam que agricultores determinem mais eficientemente a época de aplicação de controle ou a época de início ou intensificação de amostragens (OLIVEIRA, 2018).

Desta forma, nesta pesquisa, baseado no conhecimento da aplicação dos dados climáticos, será empregado o método de graus-dias para a determinação, no estado do Maranhão, da duração do ciclo e o número de gerações da espécie de inseto mosca da fruta *Anastrepha fraterculus*, considerando os cenários de mudanças climáticas para as próximas décadas, obtidos por modelos regionalizados.

OBJETIVOS

Geral:

Avaliar os impactos das mudanças climáticas, considerando cenários otimistas e pessimistas, no desenvolvimento da mosca da fruta no estado do Maranhão.

Específicos:

- Determinar os graus-dias acumulados;

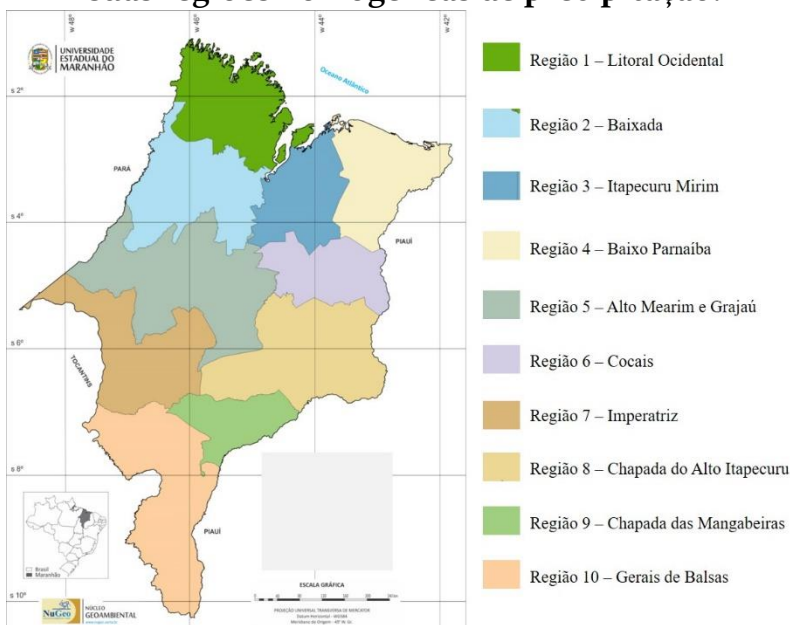
- Determinar o ciclo de vida da mosca da fruta;
- Determinar o número de gerações da mosca da fruta.

MATERIAL E MÉTODOS

Local da Pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida para o Estado do Maranhão, localizado no Nordeste brasileiro, entre 1º e 10º de Latitude Sul, e 41,5º e 48,6º de Longitude Oeste. Foi utilizado a base cartográfica subdividida em regiões homogêneas de precipitação, conforme Menezes (2009) e identificada na Figura 1.

Figura 1 – Localização geográfica do estado do Maranhão e suas regiões homogêneas de precipitação.



Fonte: Ferreira, 2021

Dados utilizados

Para o diagnóstico das condições climáticas foram utilizados dados climáticos mensais observados de precipitação pluvial, obtidos do acervo da Agência Nacional de Águas – ANA e temperatura do ar, obtidos do acervo do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, para o período de 1987 a 2016.

Para avaliação dos cenários climáticos futuro foram utilizados dados das projeções obtidas dos modelo Eta-HadGEM2 ES aplicado pelo CPTEC/INPE (Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) para previsão do tempo e estudos sobre cenários exploratórios de mudanças climáticas futuras em diferentes escalas de tempo e resoluções espaciais.

Procedimento Metodológico

Cenários Climáticos

As avaliações de impactos regionais associados às mudanças climáticas foram geradas a partir dos cenários obtidos do modelo global acoplado HadGEM2 ES, que utiliza resolução espacial de 100 a 200 km, o que é baixa para estudos de impactos e vulnerabilidades em escala regional.

Para estudos regionalizados é utilizado uma versão aprimorada do modelo regional Eta, desenvolvido na Universidade de Belgrado, e é empregado operacionalmente pelo National Centers

for Environmental Prediction (NCEP), com resolução espacial de 20 km lat-lon e 38 níveis verticais, cobrindo a área da América do Sul, América Central e oceanos adjacentes, avaliando as simulações do clima presente e analisando suas projeções até o ano de 2100, considerando dois cenários de emissão, um intermediário o RCP 4.5 e outro pessimista, o RCP 8.5, a partir de 2006 até 2100.

No Brasil o modelo Eta vem sendo aplicado pelo CPTEC/INPE (Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) para previsão do tempo e estudos sobre cenários exploratórios de mudanças climáticas futuras em diferentes escalas de tempo e resoluções espaciais.

Desenvolvimento de Insetos

Da mesma forma que os vegetais, o conceito dos graus-dia também pode ser aplicado ao desenvolvimento dos insetos, uma vez que os mesmos requerem certa quantidade constante de energia, expressa em termos da temperatura do ar, para completar seu ciclo de desenvolvimento.

Neste caso a determinação de Tb e de CT requer experimentação em laboratório onde determinada praga é submetida a diferentes condições térmicas. Mede-se então a duração do ciclo dessa praga, desde o estágio de Ovo até o estágio Adulto. Com isso, determina-se CT. A Tb será aquela em que o inseto não apresenta desenvolvimento. Será utilizado o mesmo critério do

graus-dias da análise das fases fenológicas, para analisar o número de gerações da praga, ou seja:

$$\text{Caso } T_b < T_{\min}: GD = (T_{\text{med}} - T_b) (\text{°C} \cdot \text{dia})$$

$$\text{Caso } T_b \geq T_{\min}: GD = (T_{\max} - T_b)^2 / 2 \cdot (T_{\max} - T_{\min})$$

$$\text{Caso } T_b > T_{\max}: GD = 0$$

Em que: T_b – temperatura basal inferior da espécie, T_{\max} e T_{\min} – Temperaturas máxima e mínima do ar

A duração do ciclo-DC será dada por:

$$DC = C.T / (T_{\text{ar}} - T_b)$$

Número de gerações-NG:

$$NG = \text{Dias do ano} / \text{Ciclo}$$

Em que: C.T é a constante térmica da espécie, T_{ar} a temperatura do ar e T_b a temperatura base inferior da espécie.

No caso da mosca das frutas o ciclo de vida e o número de gerações foram baseados nas seguintes exigências: Temperatura base inferior (T_d) de 13,5°C e a Constante Térmica (C.T) de 250°C.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Temperatura do Ar

A Figura 2 mostra os valores médios de temperatura do ar relativos as 10 regiões homogêneas de precipitação considerando a climatologia, baseada nos dados observados, e as projeções baseadas

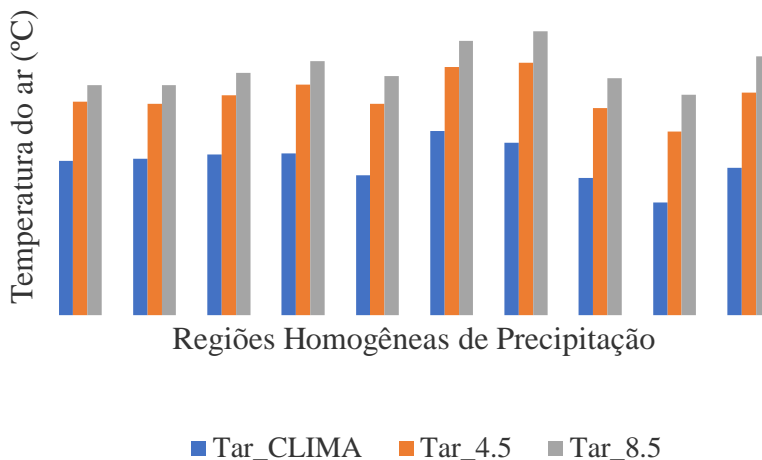
nos cenários intermediário (RCP 4.5) e pessimista (RCP 8.5). Observa-se incremento da temperatura do ar nos cenários 4.5 e 8.5 em relação à climatologia. A variação da temperatura observada nos cenários acarreta na diminuição do ciclo de vida e aumento no número de gerações da mosca das frutas em todas as regiões.

No cenário 4.5 foi observado que a Região 9 apresentou temperatura do ar de 27,6°C, que é menor em comparação às outras regiões, conseqüentemente houve um maior ciclo de vida da mosca das frutas nessa região. Por outro lado, na Região 7, considerando o cenário pessimista 8.5, observa-se o registro das temperaturas mais elevadas, em torno dos 30°C que implicou em um maior número de gerações.

Dentre os fatores abióticos, a temperatura é a que mais influencia o desempenho dos insetos, podendo provocar alterações na duração das fases imaturas, encurtando ou alongando os ciclos biológicos. Isso tem implicações diretas no manejo dos insetos-praga, pois em situações que se têm uma ou duas gerações por ano de determinada praga, um incremento da temperatura proporcionará mais gerações e, conseqüentemente, mais insetos a serem controlados, aumentando os custos do controle e do manejo da cultura. (ALBUQUERQUE et al., 2017).

Em geral, o aumento da temperatura promove redução significativa na duração do ciclo de vida dos insetos até determinado limite para pragas agrícolas (AUAD et al., 2009).

Figura 2 – Valores de Comparação da temperatura do ar em condições normais (climatologia) e as projeções conforme cenários de mudanças climáticas 4.5 e 8.5, nas regiões homogêneas de precipitação no estado do Maranhão.



Fonte: Ferreira, 2021

Graus-Dias (GD)

Na Figura 3 observa-se o comparativo dos graus-dias acumulados durante o ano considerando a climatologia e os cenários 4.5 e 8.5. No cenário da Região 9, onde a temperatura do ar é menor, é possível observar que o número de graus-dias anual é inferior a todas outras regiões nas três condições analisadas, ou seja, a climatologia e os cenários 4.5 e 8.5. Por outro lado, as Regiões 6 e 7, que por registrar temperaturas mais elevadas, apresentaram o número de graus-dias acumulados próximo ao valor de 6000 GD para o cenário mais pessimista.

Segundo Woodson; Edelson (1988), modelos matemáticos que usam graus-dia têm sido utilizados para descrever taxas de desenvolvimento e previsão de ocorrência de picos populacionais de insetos no campo. Tais modelos baseiam-se no somatório de unidades térmicas (graus-dia) para o inseto atingir seu desenvolvimento em função da temperatura do ambiente (Correa, 2005).

Basicamente, a temperatura determina qual o nível mais baixo e o mais elevado (temperaturas-base) cujo intervalo é viável ao desenvolvimento do inseto. No entanto, é a temperatura acumulada durante um determinado período (graus-dias) que determina quantas gerações daquele inseto haverá por ano. No clima tropical, é comum haver pragas multivoltinas, aquelas com mais de uma geração por ano (ALBUQUERQUE et al., 2017).

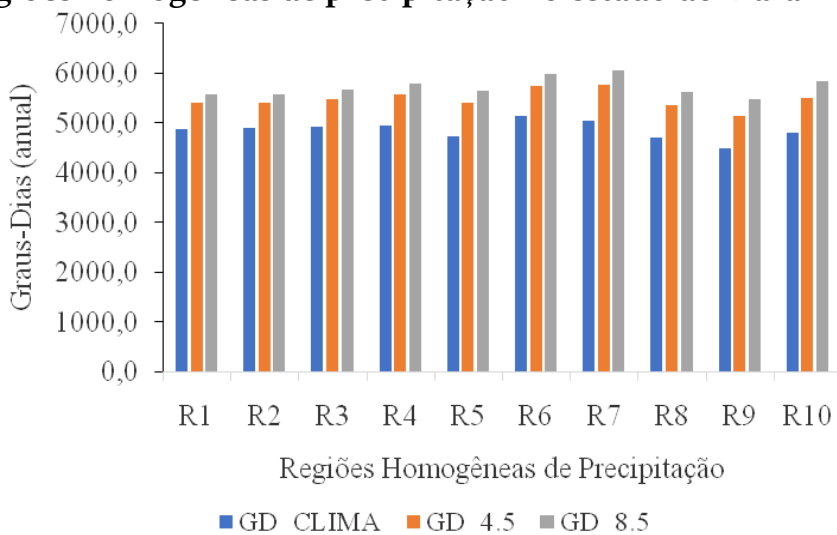
Número de Gerações (NG)

Com as alterações nos fatores climáticos é possível que haja aumento populacional da mosca das frutas, em decorrência do incremento da temperatura do ar favorecer que a praga atenda mais rapidamente a sua exigência térmica, resultando maior número de gerações.

As regiões 6 e 7 apresentaram maior valor de temperatura, tanto na climatologia quanto nos cenários de projeção, o que justifica o maior número de gerações, conforme a Figura 4. De modo geral, a

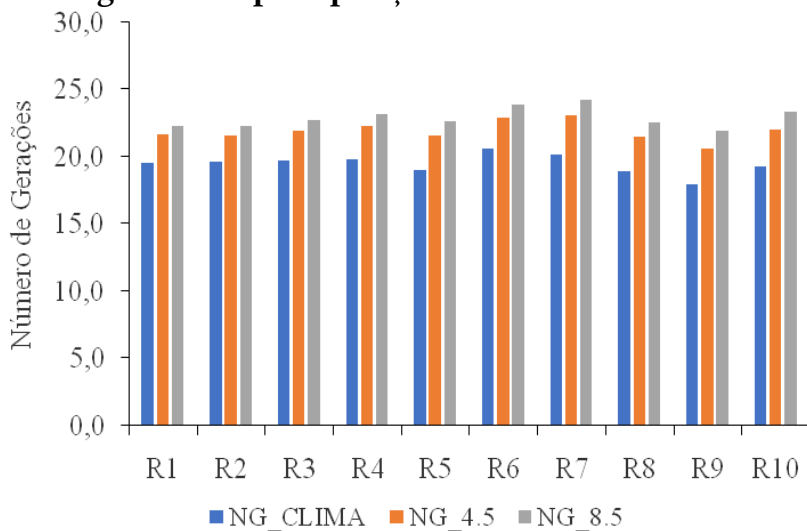
temperatura é o fator abiótico que mais influencia no seu desenvolvimento, e, à medida que essa aumenta, a partir de sua temperatura basal, o desenvolvimento também tende a ser mais rápido, até atingir seu ótimo e, posteriormente, tender ao seu declínio, o que irá afetar a dinâmica da população.

Figura 3 - Graus-Dias acumulado ao ano para a Mosca das frutas em condições normais (climatologia) e as projeções conforme cenários de mudanças climáticas 4.5 e 8.5, nas regiões homogêneas de precipitação no estado do Maranhão.



Fonte: Ferreira, 2021

Figura 4 – Número de Gerações (NG) da Mosca das frutas em condições normais (climatologia) e as projeções conforme cenários de mudanças climáticas 4.5 e 8.5 nas regiões homogêneas de precipitação no estado do Maranhão.



Fonte: Ferreira, 2021

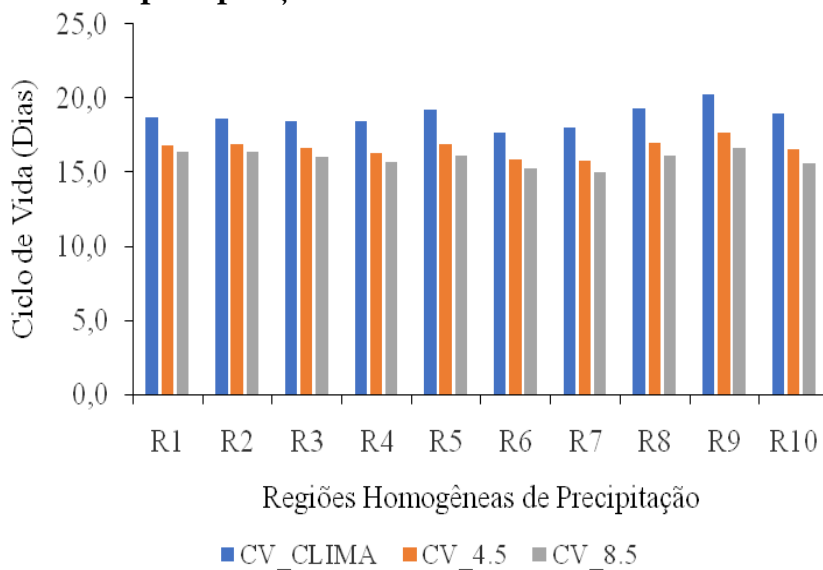
Ciclo de Vida (CV)

Observa-se que na climatologia Figura 5, existe uma média no ciclo de vida em torno de 18 dias, já nos cenários de projeções, a uma média menor em relação a climatologia, porém quase não há diferença entre os cenários 4.5 e 8.5.

O período de duração do ciclo de vida das moscas-das-frutas é dependente de vários fatores, sobretudo da temperatura e da própria espécie de mosca. *Ceratitis capitata* apresenta a duração do seu ciclo de ovo a adulto em torno de 18 a 30 dias no verão, enquanto *Anastrepha fraterculus* varia de 25 a 35 dias (Raga e Souza Filho, 2000; Salles, 1994).

O ciclo evolutivo completo desse inseto dura aproximadamente 31 dias. As fêmeas podem viver até 10 meses, ovipositando até 800 ovos durante este período (Gallo et al., 2002). Todavia, essa duração está diretamente relacionada com a temperatura; quanto mais elevada, dentro da faixa limítrofe de desenvolvimento, menos dias são necessários para a mosca completar o seu ciclo de vida.

Figura 5 – Ciclo de Vida (CV) da Mosca das frutas em condições normais (climatologia) e as projeções conforme cenários de mudanças climáticas 4.5 e 8.5, nas regiões homogêneas de precipitação no estado do Maranhão.



Fonte: Ferreira, 2021

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As regiões homogêneas de precipitação mais ao Sul, segundo as projeções, foram as que apresentaram as mais altas temperaturas, com reflexo direto no número de gerações, que tende a ser maior, pois diminui o ciclo de vida em função do maior acúmulo de Graus-Dias ao longo do ano.

O cenário 8.5 se mostra sempre mais pessimista, tendo em vista ter médias de temperaturas mais elevadas que o modelo da climatologia e o cenário 4.5. Os resultados sugerem à sensibilidade das regiões a ocorrência da Mosca das frutas, exigindo estratégias de manejo e controle de pragas adequadas para evitar a sua incidência nas culturas, de modo que as principais frutíferas de valor econômico da região são acometidas por essa praga.

REFERÊNCIAS

ABREU, Adriano et al. Efeito do aumento da temperatura sobre o ciclo biológico e de gerações de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera:Noctuidae). **Efeito do aumento da temperatura sobre o ciclo biológico e de gerações de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera:Noctuidae)**, [s. l.], 9 jul. 2014.

ALBUQUERQUE, Fábio Aquino et al. **Impacto potencial das mudanças climáticas sobre a distribuição geográfica do curuquerê e do ácaro-vermelho-do algodoeiro nas regiões Nordeste e Centro-Oeste e no Estado do Tocantins**. Embrapa Algodão - Capítulo em livro científico (ALICE), [s. l.], p. 410-435, 1 dez. 2017

ANDRADE, Lília de Lima et al. **Temperatura no desenvolvimento e na reprodução de cochonilhas criadas sobre abóboras.** Temperatura no desenvolvimento e na reprodução de cochonilhas criadas sobre abóboras, [s. l.], 16 jul. 2008.

AUAD, A.M.; ALVES S.O.; CARVALHO C.A.; SILVA, D.M.; RESENDE, T.T.; VERÍSSIMO, B.A. The Impact of Temperature on Biological Aspects and Life Table of *Rhopalosiphum padi* (Hemiptera: Aphididae) Fed with Signal Grass. **Florida Entomologist**, v. 92, n.4, p. 569-577, 2009.

BALE, J. S.; MASTERS, G. J.; HODKINSON, I. D.; AWMACK, C.; BEZEMER, T. M.; BROWN, V. K.; BUTTERFIELD, J.; BUSE, A.; COULSON, J. C.; FARRAR, J.; GOOD, J. E. G.; HARRINGTON, R.; HARTLEY, S.; JONES, T. H.; LINDROTH, R. L.; PRESS, M. C.; SYMRNIODIS, I.; WATT, A.; WHITTAKER, J. B. Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivores. **Global Change Biology**, v. 8, n. 1, p. 1-16, 2002.

Carvalho, R. S., 2005. **Metodologia para monitoramento populacional de moscas-dasfrutas em pomares comerciais. Embrapa Mandioca e Fruticultura**, 17 p. (Circular Técnica 75).

CORREA, L.R.B.; BONANI, J.P.; SANTA-CECÍLIA, L.V.C.; SOUZA, B. Aspectos biológicos da cochonilhabranca [*Planococcus citri* (Risso, 1813)] em citros. **Laranja**, v.26, n.2, p.265-271, 2005.

Chavarria, G.; Zart, M.; Botton, M.; Santos, H. P.; Marodin, G. A. B., 2009. Flutuação populacional de adultos de *Anastrepha fraterculus* (Wied.) em cultivo protegido e convencional de videira. **Revista Brasileira de Fruticultura** 31, 725-731.

Felix, C. S., Uchôa, M. A., Faccenda, O., 2009. Capture of *Anastrepha sororcula* (Diptera: Tephritidae) in McPhail and Jackson traps with food attractant and virgin adults. **Brazilian Archives of Biology and Technology** Vol. 52, n. 1 : pp. 99-104.

Gallo, D., Nakano, O., Neto, S.S., Carvalho, R.P.L., Batista, G.C., Filho, E.B., Parra, J.R.P., Zucchi, R.A., Alves, S.B., Vendramim, J.D., Marchini, L.C., Lopes, J.R.S., Omoto, C., 2002. **Entomologia agrícola**. FEALQ, Piracicaba.

OLIVEIRA, Leonardo Felipe Silva de. **Espacialização da praga mosca-das-frutas no estado de Pernambuco utilizando o software QGIS desktop na versão 17 2.18.26**. Espacialização da praga mosca-das-frutas no estado de Pernambuco utilizando o software QGIS desktop na versão 2.18.26, [s. l.], 21 dez.

Paranhos, B. A. J., Walder, J. M. M., Alvarenga, C. D., 2007. Parasitismo de larvas da Mosca-domediterrâneo por *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) em diferentes cultivares de goiaba. **Neotropical Entomology** 36, 243-246.

Raga, A., Souza Filho, M. F., 2000. Manejo e Monitoramento de Moscas-das-Frutas, in: Reunião Itinerante de Fitossanidade do Instituto Biológico, 3 ed., Mogi das Cruzes, SP. **Anais...** Indaituba, SP.

RODRIGUES, W.C. 2004. Fatores que Influenciam no Desenvolvimento dos Insetos. **Info Insetos**, v. 1, n. 4, p. 1-4. Disponível em: www.entomologistasbrasil.cjb.net.

TRENBERTH KE, JONES PD, AMBENJE P ET AL. Observations: Surface and Atmospheric Climate Change. In: Solomon S et al., eds. **Climate Change 2007: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 235-336, 2007.

WOODSON, W. D.; EDELSON, J. V. Developmental rate as a function of temperature in a carrot weevil, *Listronotus texanus*

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE,
ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

(Coleoptera: Curculionidae). **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 81, n. 2, p. 252-254, 1988.

**DETERMINAÇÃO DE SÓDIO E POTÁSSIO EM SEIS
DIFERENTES CLASSES DE SOLOS DO LESTE MARANHENSE
POR FOTOMETRIA DE CHAMA**

Eduardo Feitosa da Conceição¹

Manoel Euba Neto²

INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira é uma das maiores consumidoras de fertilizantes potássicos do mundo. No Brasil os teores de potássio na maior parte dos solos não atendem as elevadas exigências que tem esse nutriente pelas culturas, o que tem favorecido o aumento no consumo de fertilizantes potássicos pelo país para atender ao crescimento da produtividade agrícola brasileira. As principais classes de solos que ocorrem no estado do Maranhão são os Argissolos, Latossolos, Regossolos e Plintossolos. Solos de região tropical normalmente são pobres em K, com teores inferiores a 60 mg L⁻¹ (OLIVEIRA, 2017, 2019; ANDA, 2015, 2008; SERAFIM *et al.*, 2012).

O potássio (K⁺) é o segundo macronutriente mais absorvido pelas plantas, nas células vegetais atua em muitos processos fisiológicos que alteram o crescimento e, conseqüentemente a produtividade das culturas. Este nutriente atua na ativação de diversos sistemas enzimáticos, síntese e translocação de

¹ Graduando em Química Licenciatura na Universidade Estadual do Maranhão, Bolsista PIBIC-UEMA.

² Professor doutor do departamento de Química e Biologia da Universidade Estadual do Maranhão.

carboidratos, proteínas e adenosina, trifosfato (ATP), na regulação osmótica e estomática. Além disso, influencia diretamente na resistência das plantas a incidência de pragas e doenças (ZORB *et al.*, 2014; KARIMI, 2017; CAVALCANTE *et al.*, 2018).

Plantas cultivadas em deficiência de K apresentam redução no comprimento das raízes, baixo rendimento produtivo em razão da diminuição do metabolismo vegetal, baixa absorção de água e consequente desregulação osmótica. Nos estágios mais avançados da deficiência de K os sintomas podem ser observados nas folhas mais velhas, com o aparecimento de clorose nas bordas seguidas de necrose (JONES JUNIOR, 2012; BARKER; PILBEAM, 2015; MIAO; HAN; ZHANG, 2010; KANAI *et al.*, 2011; CHEN, 2016).

No solo o K pode ser encontrado nas formas de K estrutural, que faz parte das estruturas dos minerais primários e secundários, K da solução o qual é tamponado pelas formas trocáveis, K trocável que se configura como a reserva de potássio disponível a curto prazo para as plantas e K não trocável que se encontra em equilíbrio com as formas estruturais, liberado através do intemperismo (MURRELL, 2018; ZORB *et al.*, 2014).

Em relação ao sódio sabe-se que os teores elevados desse elemento no solo ocasionam efeitos prejudiciais ao desenvolvimento das plantas, gerando sérios impactos de ordem econômica na agricultura (SAFDAR *et al.*, 2019). De acordo com Paz *et al.* (2020), os processos de sodificação dos solos são frequentemente associados a

regiões de clima árido e semiárido. No Brasil os casos mais contundentes de sodificação dos solos ocorrem no semiárido nordestino, devido à natureza física e química dos solos, déficit hídrico e à elevada taxa de evaporação, que condicionam a formação de solos com altas concentrações de sódio (LAMARCA; VETTORE, 2013; PEDROTTI *et al.*, 2015; ALMEIDA SILVA *et al.*, 2012).

O sódio (Na⁺) quando absorvido e acumulado em grandes quantidades pelas plantas se torna altamente tóxico em níveis fisiológicos diferenciados, dentre os danos causados pela toxicidade do sódio destacam-se: deficiência de nutrientes importantes como o potássio; desenvolvimento de estresse hídrico; indução dos danos celulares que resulta do desbalanço do sistema de oxi-redução, resultando na produção excessiva de espécies reativas ao oxigênio (DIAS *et al.*, 2016).

Ainda de acordo com Dias *et al.* (2016), os sintomas de toxicidade de sódio aparecem em forma de queimaduras ou necrose ao longo das bordas. As concentrações de sódio nas folhas alcançam níveis tóxicos após vários dias ou semanas e os sintomas aparecem, de início, nas folhas mais velhas e em suas bordas e, à medida que o problema se intensifica, a necrose se espalha progressivamente na área internerval, até o centro das folhas.

Para a correção da sodicidade dos solos normalmente é feita a utilização de corretivos como gesso, ácido sulfúrico, enxofre elementar e matéria orgânica. Quando utilizados de forma correta

melhoram as propriedades químicas do solo, uma vez que age facilitando à remoção do excesso de sódio trocável (ARAÚJO *et al.*, 2017).

Diante do exposto, determinar os teores de sódio e potássio em solos representativos da região leste maranhense é de extrema relevância, visto que possibilitará analisar se estes nutrientes se encontram em quantidades adequadas, condizentes ao desenvolvimento de culturas, bem como avaliar a necessidade de correção dos mesmos nestes solos, dando-se, dessa maneira, um incremento a produtividade agrícola na região. Assim, este estudo teve como objetivo determinar os teores de sódio e potássio em seis diferentes classes de solos da região leste maranhense tendo em vista as práticas agrícolas de uso e manejo do solo ambientalmente sustentável.

MATERIAL E MÉTODOS

Local de estudo

As análises experimentais foram realizadas no Laboratório de Análise de Solo, Água e Planta – “LASAP”, do Centro de Estudos Superiores de Caxias – CESC, Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, localizada na Praça Duque de Caxias s/n, Morro do Alecrim, com coordenadas geográficas de 4° 29’ 16” S e 43° 19’ 22” W, no município de Caxias/Maranhão.

Classes de solos utilizadas nesse estudo

As seis diferentes classes de solos utilizadas nesse estudo são denominadas segundo Sistema Brasileiro de Classificação de solos (SIBCS) da Embrapa (2018) como: Argissolo Amarelo (PA); Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA); Neossolo Regolítico (RR); Neossolo Flúvico (RY); Latossolo Amarelo (LA) e Plintossolo Pétrico (FF). Esses solos foram coletados em diferentes localidades do município de Caxias/MA.

Localização da área de coleta dos solos utilizados nesse estudo

Latossolo Amarelo (LA) e Plintossolo Pétrico (FF)

As amostras do solo Latossolo Amarelo foram coletadas às margens da BR-316, no Bairro Salobro, localizado nas seguintes coordenadas 4° 52' 40" de latitude S e 43° 22' 12" de longitude W, no município de Caxias/MA. Já as amostras do solo Plintossolo Pétrico foram coletadas em uma área dentro da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, localizada entre as coordenadas 4° 51' 55" de latitude S e 43° 21' 21" de longitude W, na Praça Duque de Caxias s/n, Morro do Alecrim, Caxias/MA.

Figura 1: Latossolo Amarelo (A); Plintossolo Pétrico (B)



Fonte: Arquivo pessoal dos autores.

Argissolo Amarelo (PA) e Neossolo Flúvico (RY)

As amostras dos solos Argissolo Amarelo e Neossolo Flúvico foram coletadas na Área de Proteção Ambiental do Inhamum – APA – Inhamum, localizada entre as coordenadas $04^{\circ} 53' 30''$ S e $43^{\circ} 24' 53''$ W, às margens da BR-316, à aproximadamente 2 Km do perímetro urbano de Caxias/MA.

Figura 2: Argissolo Amarelo (A); Neossolo Flúvico (B)



Fonte: Arquivo pessoal dos autores

Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA) e Neossolo Regolítico (RR)

As amostras dos solos Argissolo Vermelho-Amarelo e Neossolo Regolítico foram coletadas no bairro Itapecuruzinho, nas proximidades do Balneário Veneza, localizado nas seguintes coordenadas geográficas $4^{\circ} 54' 47''$ S e $43^{\circ} 21' 12''$ W em Caxias/Maranhão.

Figura 3: Argissolo Vermelho-Amarelo (A); Neossolo Regolítico (B)



Fonte: Arquivo pessoal dos autores.

Procedimento de coleta e preparo das amostras dos solos estudados

As amostras dos solos foram coletadas na camada superficial de 0-30 cm de profundidade, acondicionadas em sacos plásticos, etiquetadas com identificação do local da coleta, e em seguida levadas ao laboratório onde foram secas ao ar, destorroadas, moídas e passadas em peneira com abertura de malha de 2,0 mm, separando-se as frações grosseiras da terra fina, homogeneizadas e caracterizadas quimicamente quanto aos teores de sódio e potássio conforme metodologia Embrapa (2011).

Procedimento de extração do sódio e potássio dos solos

O procedimento de extração do sódio e do potássio foi realizado em triplicata e idêntico ao descrito por Silva *et al.* (1998), que utiliza razão solo:extrator de 1:10, agitação de 10 cm³ da amostra com 100 mL de Mehlich-1 (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹) por 5 minutos, seguido de decantação por uma noite (EMBRAPA, 2017).

Construção da curva de calibração para o sódio (Na⁺) e potássio (K⁺)

Para a construção da curva de calibração do sódio e potássio foram utilizados 2,542g de cloreto de sódio (NaCl) e 1,907g de cloreto de potássio (KCl) previamente secos em estufa para o preparo das soluções nas concentrações de 1000 mg/L⁻¹ e 100 mg/L⁻¹. A partir destas soluções foram preparadas as soluções para as curvas de calibração com as seguintes concentrações 2, 4, 6, 8 e 10 mg L⁻¹. Estas soluções foram analisadas no fotômetro de chama modelo = Q498M2. As leituras das soluções padrões foram feitas em ordem crescente de concentração.

Figura 4: Padrões de sódio e potássio a 2, 4, 6, 8 e 10 mg L⁻¹ (A, B);



Fotômetro de chama modelo = Q498M2 (C)

Fonte: Arquivo pessoal dos autores

Equação da reta

A partir das curvas de calibração foi obtida a equação da reta que está de acordo com a lei de Lambert-Beer: $A = \epsilon \times b \times c$, em que A = Absorvância, ϵ = Absortividade molar, b = caminho ótico (1,0 cm) e c = concentração do analito. Os valores de concentração versus absorvância constituem um par ordenado do tipo (x, y) , que permitem o uso de um sistema cartesiano para representar a posição de cada par ordenado em um plano.

Colocando-se todos os pontos, nota-se uma tendência entre eles de formar uma reta e apresenta uma equação do tipo $y = ax + b$. Utilizando uma regressão linear, com uma calculadora ou um programa gráfico, tendo os dados de concentração (x) e absorvância (y), obtêm-se os valores do coeficiente angular (a) e do coeficiente linear (b), desta forma, tem-se a equação que permite obter os valores de concentração a partir dos valores de absorvância.

Classificação dos teores de sódio e potássio nos solos estudados

Para a classificação dos teores de sódio e potássio utilizou-se como base o manual para interpretação de resultados de análise de solo da Embrapa (2015), que dispõe sobre solos com teores de potássio inferior a 30 mg L⁻¹ são classificados com baixo, 30 a 60 mg L⁻¹ médios e superiores a 60 mg L⁻¹ altos e solos com PST (Porcentagem de sódio trocável) inferiores a 6% do teor de sódio e classificado como baixo, 6 a 15% médio e superior a 15% alto conforme tabela a seguir:

Tabela 1: Valores baixos, médios e altos que são utilizados para classificar os teores de sódio e potássio no solo.

| Teor de potássio (K⁺) | | |
|---|----------------------------|-------------------------|
| Baixo | Médio | Alto |
| < 30 mg L ⁻¹ | 30 – 60 mg L ⁻¹ | > 60 mg L ⁻¹ |
| Teor de sódio (Na⁺) | | |
| Baixo | Médio | Alto |
| PST < 6% | PST 6 a 15% | PST > 15% |

Fonte: Embrapa (2015)

Porcentagem de sódio trocável (PST)

A PST é a porcentagem de sódio trocável em relação à CTC (Capacidade de Troca de Cátions). Para determinação da PST o procedimento foi realizado parceladamente. Primeiro foram definidos, separadamente, os seguintes elementos: Ca²⁺ (Cálcio);

Mg²⁺ (Magnésio); Na⁺ (Sódio); K⁺ (Potássio) e depois calculado a PST com uso da equação a seguir:

$$PST = \frac{100 \times [Na^+]}{CTC}$$

em que: [Na⁺] é o teor de sódio trocável em cmolc dm³ e a CTC é a capacidade de troca de cátions em cmolc dm³ obtida através da soma do Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ e K⁺ (EMBRAPA, 2017).

Realização das análises

Uma vez de posse da curva de calibração para cada analito, foram realizadas as análises para determinação dos teores de sódio e potássio nos solos. Os extratos dos solos obtidos com Mehlich-1 foram passados no fotômetro de chama, utilizando-se os filtros próprios do potássio e sódio conforme metodologia Embrapa (2011), seguindo-se rigorosamente as orientações contidas no manual do equipamento, quanto ao preparo e operação do mesmo. Os resultados obtidos foram submetidos às análises estatísticas, calculando-se o desvio padrão, erro absoluto e o erro relativo.

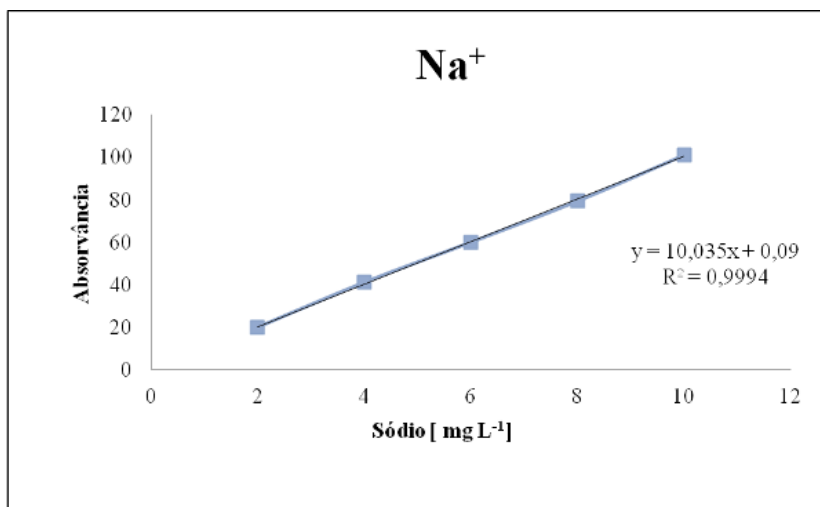
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Curva de calibração do sódio e potássio

As curvas de calibração construídas tiveram um coeficiente de correlação (R₂) de 0,9994 para o sódio, e 0,9989 para o potássio, bem próximas de 1 mostrando, assim, uma boa linearidade, fator esperado

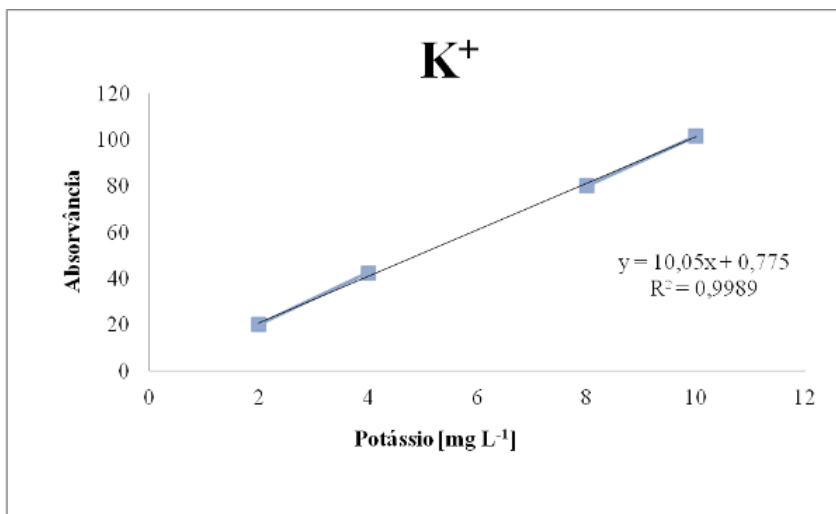
em toda curva de calibração (Figuras 5 e 6). A partir delas foram obtidas as equações das retas que foram: $ABS = 10,035 [Na+] + 0,09$ para o sódio; $ABS = 10,05 [K+] + 0,775$ para potássio. A partir destas equações foi possível obter os resultados dos teores de sódio e potássio nas amostras de solos estudadas, que estão dispostos na Tabela 2.

Figura 5: Curva de calibração do sódio



Fonte: Autoria Própria

Figura 6: Curva de calibração do potássio



Fonte: Autoria própria

Análises químicas e estatísticas

Os resultados referentes às análises químicas e estatísticas estão apresentados na Tabela 2. Na mesma é possível observar que os teores de sódio e potássio variaram entre 3,35 a 5,74 mg L⁻¹, para o sódio, e de 1,54 a 8,46 mg L⁻¹ para o potássio. De acordo com o manual para interpretação de análise de solo da Embrapa (2015), os solos estudados apresentaram baixos teores de K, em relação ao Na, analisando os valores da PST dos solos percebe-se que os teores desse nutriente também foram baixos, ou seja, valores inferiores a 6%, resultando na classificação de solos como não sódicos.

Tabela 2: Média dos teores de sódio e potássio; Desvio Padrão (DP), Erro Absoluto (EA), Erro Relativo (ER) e Porcentagem de Sódio Trocável (PST)

| SOLOS | Potássio (K ⁺) | | | | Sódio (Na ⁺) | | | | |
|-------|----------------------------|------|--------|--------|--------------------------|------|--------|--------|-------|
| | Média | DP | EA | ER | Média | DP | EA | ER | PST |
| PA | 1,54 | 0,05 | 0,0041 | 0,27% | 3,46 | 1,64 | 0,0044 | 0,13% | 1,07% |
| PVA | 4,81 | 0,17 | 0,0038 | 0,079% | 4,53 | 0,39 | 0,0015 | 0,033% | 1,41% |
| RR | 3,60 | 0,08 | 0,0048 | 0,13% | 4,26 | 0,46 | 0,0014 | 0,033% | 0,93% |
| RY | 1,52 | 0,02 | 0,0049 | 0,32% | 3,35 | 1,51 | 0,0034 | 0,10% | 0,69% |
| LA | 7,32 | 0,23 | 0,0028 | 0,038% | 5,74 | 1,21 | 0,0029 | 0,51% | 0,83% |
| FF | 8,46 | 0,04 | 0,0025 | 0,03% | 4,31 | 0,01 | 0,0047 | 0,11% | 0,22% |

PA= Argissolo Amarelo; PVA= Argissolo Vermelho-Amarelo; (RR) = Neossolo Regolítico
RY = Neossolo Flúvico; LA = Latossolo Amarelo; FF= Plintossolo Pétrico.

PA= Argissolo Amarelo; PVA= Argissolo Vermelho-Amarelo; (RR) = Neossolo Regolítico
RY = Neossolo Flúvico; LA = Latossolo Amarelo; FF= Plintossolo Pétrico.

Fonte: Autoria própria.

De acordo com Ernani *et al.* (2007) e Metternicht e Zinck (2008), os baixos teores de sódio e potássio trocáveis nesses solos podem estar diretamente relacionados a pobreza em minerais primários os quais contém estes elementos, uma vez que tanto o Na⁺ quanto o K⁺ do solo provém da intemperização desses minerais. Como exemplos de minerais primários ricos em potássio podem ser citados as micas e os feldspatos potássicos, que são os que possuem os maiores teores desse macronutriente no solo. Já, em relação ao sódio pode ser citado o mineral albita, que faz parte do grupo dos feldspatos plagioclásios que ocorre no complexo cristalino formado por granito e gnaiss, da região semiárida nordestina (MELO *et al.*, 2005; FEHRENBACHER *et al.*, 1963).

Medeiros *et al.* (2014), em um trabalho cujo objetivo foi avaliar os teores de K não trocável, K trocável e K da solução do solo, em doze solos do estado da Paraíba, observaram que os maiores estoques de K trocável se deu nos solos os quais se observava a maior presença de micas e de outros minerais ricos em potássio. Outro trabalho realizado por Mota e Oliveira (1999), que estudaram dois perfis de solos com problemas de sodicidade (Planossolo Solódico e Solonetz-Solodizado) no estado do Ceará verificaram que o intemperismo da albita e de outros plagioclásios ricos em sódio, foi um dos fatores condicionantes dos percentuais elevados de sódio nesses dois solos.

Contudo, Sobral *et al.* (2015) afirmam que além da pobreza em minerais primários, teores mais baixos de sódio e potássio indicam solos mais intemperizados. Nesse sentido, tendo em vista que a maior parte dos solos do estado do Maranhão apresentam elevados graus de alteração intempérica (FARIAS FILHO *et al.*, 2020), os baixos teores desses elementos nos solos estudados podem, ainda, estarem ligados ao grau de intemperização dos mesmos.

Melo *et al.* (2000), em um estudo que avaliou a importância das frações silte e areia como reserva de K em diferentes solos, identificaram que os teores totais de potássio foram mais baixos nos solos mais intemperizados. Matos *et al.* (2014), concluíram estudando a influência de características físicas, químicas e mineralógicas em três solos óxidos no potencial de sua sodificação,

que o grau de intemperização influencia diretamente na quantidade de sódio trocável no solo.

Além do intemperismo, a textura predominantemente arenosa e a baixa capacidade de troca de cátions (CTC) que conferem a maior parte dos solos maranhenses (JACOMINE, 1986), são outros fatores que possivelmente também estão associados aos baixos teores de sódio e potássio nesses solos (Tabela 2). Isso porque de acordo com Baltazar *et al.* (2018), Rosolem *et al.* (2019) e Dixon *et al.* (2009), a baixa CTC dos solos mais arenosos resulta em menos cargas negativas para esses elementos se associarem, o que acaba favorecendo uma forte lixiviação dos mesmos durante as estações chuvosas, e conseqüentemente seus baixos teores trocáveis nos solos. Isso ocorre pelo fato do sódio e potássio possuírem apenas uma carga de Valência (Na^+ , K^+), sendo pouco adsorvido nos coloides do solo, portanto em solos de baixa CTC a lixiviação desses elementos acaba sendo maior (ERNANI *et al.*, 2007; VAN RAIJ, 2011).

Werle (2008), em um trabalho que estudou a lixiviação do potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo, verificou que os teores de K em solos mais arenosos, independente da dose aplicada, já eram bem inferiores aos do solo de textura mais argilosa. Possivelmente, as perdas de K por lixiviação já eram intensas no campo no solo arenoso, com menor capacidade de retenção de K. A lixiviação, de acordo com Tavares (2008), é um dos principais fatores responsáveis pelas perdas de K no solo. Outro

estudo realizado por Santos *et al.* (2012), que caracterizaram os Neossolos Regolíticos da região semiárida do estado de Pernambuco, constataram nos solos dessa região, teores de Na⁺ bem mais inferiores aos determinados nos solos estudados, em virtude da constituição essencialmente arenosa dos mesmos.

Com relação ao desvio padrão, erro absoluto e erro relativo, percebe-se que todos os solos apresentaram valores baixos. Para o desvio padrão os valores variaram de 0,05 a 0,23 para o potássio, e de 0,01 a 1,64 para o sódio. Quanto aos erros, para o potássio o erro absoluto variou de 0,0025 a 0,0049 e o erro relativo de 0,038% a 0,32%. Já para o sódio, o erro absoluto variou de 0,0014 a 0,0047 e o relativo de 0,033% a 0,51%.

De acordo com Baccan (2001) e Oliveira *et al.* (2019), os baixos valores obtidos para o desvio padrão e para os erros (absoluto e relativo), verificam uma maior precisão e exatidão dos resultados alcançados nesta pesquisa. A precisão é uma medida diretamente relacionada ao desvio padrão, e a exatidão aos erros absoluto e relativo. Dessa maneira, quanto menor forem os valores destas variáveis, maior é a precisão e exatidão dos resultados.

CONCLUSÕES

Com base nos parâmetros avaliados neste estudo, conclui-se que os referidos solos necessitam de correção para elevação dos

teores de potássio, quanto aos teores de sódio, por serem baixos, não representam nenhum problema.

O diagnóstico adequado das necessidades das plantas ao teor de potássio, aliado a uma recomendação precisa de adubo potássico, são fatores importantes para o aumento da qualidade e da produtividade das culturas na região leste maranhense.

AGRADECIMENTOS

A universidade Estadual do Maranhão e ao Laboratório de Análise de Solo, Água e Planta- LASAP, do Centro de Estudos Superiores de Caxias, em Caxias, Maranhão, pelo apoio.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, MM de; SOUSA, G. M.; RODRIGUES, L. R. C. C. Técnicas utilizadas na recuperação de solos afetados por sais. **Revista de Agroecologia no Semiárido**, v. 1, n. 2, p. 1-11, 2017.

ALMEIDA SILVA, J. L *et al.* evolução da salinidade em solos representativos do agropólo messoró-assu cultivado com meloeiro com água de diferentes salinidades. **Agropecuária científica no semiárido**, v. 7, n. 4, p. 1-6, 2012.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. **Anuário estatístico do setor de fertilizantes**. São Paulo, 2008.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS - ANDA. **Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes**. São Paulo, 2015.

BARKER, A. V.; PILBEAM, D. J. (Orgs.). **Manual de nutrição de plantas**. 2 ed. Boca Raton: Imprensa CRC, 2015.

BALTAZAR, Giuliano Oliveira Carnevalli *et al.* Movimentação vertical do potássio em solo arenoso em função do manejo da adubação potássica no algodoeiro. In: **ENCONTRO PAULISTA DE CIÊNCIA DO SOLO DA FAPESP**, 3., 2018, Presidente Prudente. Resumo. Presidente Prudente: 2018. Disponível em: <http://www.infobibos.com/anais/epcis/3/resumos/ResumoEPCIS3_0054.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2021.

BACCAN, Nivaldo; ANDRADE, J. C. (Orgs.). **Química analítica quantitativa elementar**. 3 ed. São Paulo: Editora Blucher, 2001.

CAVALCANTE, Alian Cássio Pereira *et al.* Physiology of Paluma guava plants fertilized with potassium and calcium. **Idesia**, v. 36, n. 2, p. 163-172, 2018.

CHEN, Daoqian *et al.* Silicon moderated the K deficiency by improving the plant-water status in sorghum. **Scientific reports**, v. 6, n. 1, p. 1-14, 2016.

DIAS, N. S. Efeitos dos sais na planta e tolerância das culturas à salinidade. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; FILHO, E. G. (Orgs.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 2 ed. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em salinidade (INCTSal), 2016.

DIXON, J. B.; WEED, S. B.; DINAUER, R. C. **Minerals in soil environments**: 2 ed. Califórnia: Soil Science Society of America, 2009.

DONAGEMA, G. K *et al* (Org.) **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa solos, 2011.

ERNANI, Paulo Roberto *et al.* Mobilidade vertical de cátions influenciada pelo método de aplicação de cloreto de potássio em solos com carga variável. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 2, p. 393-401, 2007.

FARIAS FILHO, Marcelino Silva; BUENO, Célia Regina Paes; VALLADARES, Gustavo Souza. CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS HIDROMÓRFICOS SOBRE OS ALUVIÕES FLUVIOMARINHOS NO MUNICÍPIO DE ARARI-MÁ. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 47, n. 1, p. 85-98, 2020.

FEHRENBACHER, J. B *et al.* Características dos solos solonetzic em Illinois. **Jornal da Sociedade de Ciências do Solo da América**, v. 27, n. 4, p. 421-431, 1963.

JACOMINE, P. K. T.; RIBEIRO, M. R.; MONTENEGRO, J. O.; MELO FILHO, H. F. R (Orgs.) **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado da Paraíba. II. Interpretação para uso agrícola dos solos do Estado da Paraíba.** Rio de Janeiro: Embrapa solos, 1972.

JONES JR, J. B.(editor). **Manual de nutrição de plantas e fertilidade do solo.** 2 ed. Boca Raton, Flórida: Imprensa CRC, 2012.

KANAI, Syunsuke *et al.* Potassium deficiency affects water status and photosynthetic rate of the vegetative sink in green house tomato prior to its effects on source activity. **Plant science**, v. 180, n. 2, p. 368-374, 2011.

KARIMI, Rouhollah. Potassium-induced freezing tolerance is associated with endogenous abscisic acid, polyamines and soluble sugars changes in grapevine. **Scientia Horticulturae**, v. 215, p. 184-194, 2017.

LAMARCA, G. A.; VETTORE, M. V. **Desigualdades relacionadas à distribuição de água no Nordeste.** Rio de Janeiro. Portal DSS

Brasil. 23 maio. 2013. Disponível em
<<http://dssbr.org/site/2013/05/desigualdades-relacionadas-a-distribuicao-de-agua-no-nordeste/>>. Acesso em: 28 out. 2020.

MOTA, F. O. B.; OLIVEIRA, J. B. Mineralogia de solos com excesso de sódio no estado do Ceará. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 23, n. 4, p. 799-806, 1999.

MIAO, Bao-He; HAN, Xing-Guo; ZHANG, Wen-Hao. O efeito benéfico do silício em mudas de soja cultivadas em meio com deficiência de potássio. **Annals of Botany**, v. 105, n. 6, p. 967-973, 2010.

MELO, V. F. *et al.* Potássio e magnésio em minerais das frações areia e silte de diferentes solos. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 24, n. 2, p. 269-284, 2000.

MELO, Vander de Freitas *et al.* Cinética de liberação de potássio e magnésio pelos minerais da fração argila de solos do Triângulo Mineiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 4, p. 533-545, 2005.

MURRELL, T. S. The concept of “minimal” exchangeable potassium. *Plant Nutrition Today*, **Peachtree Corners**, v. 3, n. 3, p.2, 2018.

METTERNICHT, Graciela; ZINK, Alfredo. **Sensoriamento remoto da salinização do solo**: Impacto no manejo da terra. 1 ed. Boca Raton: Imprensa CRC, 2008.

MATOS, A. T.; ALMEIDA NETO, O. B.; MATOS, M. P. Saturação do complexo de troca de solos oxídicos com sódio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 5, p. 501-506, 2014.

MEDEIROS, Jailma dos Santos *et al.* Formas de potássio em solos representativos do Estado da Paraíba. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 45, n.2, p. 417-426, 2014.

OLIVEIRA, Cassius Gomes *et al.* Desvio padrão e imprecisão de leitura: Paquímetro. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-SERGIPE**, v. 5, n. 3, p. 1-27, 2019.

OLIVEIRA, Maiara Prates; MALAGOLLI, Guilherme Augusto; CELLA, Daltro. Mercado de fertilizantes: Dependência de importações do Brasil. **Revista Interface Tecnológica**, v. 16, n. 1, p. 489-498, 2019.

OLIVEIRA, L. A. M. Potássio. In: **Sumário Mineral. Brasília:** Departamento nacional de produção Mineral – DNPM, v. 37, p. 144 - 147, 2017.

PAZ, Ana Marta *et al.* Determinação da salinidade e sodicidade do solo por métodos de indução eletromagnética. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 43, n. 2, p. 151-160, 2020.

PEDROTTI, Alceu *et al.* Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 1308-1324, 2015.

ROSOLEM, C. A. *et al.* Dinâmica do potássio no sistema solo-planta. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 10, p. 283-341, 2019.

SAFDAR, Hamna *et al.* Uma revisão: Impacto da salinidade no crescimento das plantas. **Natural Sciences**, v. 17, n. 1, p. 34-40, 2019.

SERAFIM, Milson Evaldo *et al.* Umidade do solo e doses de potássio na cultura da soja. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 222-227, 2012.

SANTOS, H. G *et al.* (Org.) **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5 ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018.

SOBRAL, L. F *et al.* **Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos.** Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015, p. 15.

SANTOS, Jean Cheyson Barros dos *et al.* Caracterização de Neossolos Regolíticos da região semiárida do estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 3, p. 683-696, 2012.

SILVA, F. C. *et al.* (Org.) **Manual de métodos de análises químicas para avaliação da fertilidade do solo.** 1 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 1998.

TAVARES, S. R. L. *et al.* (Org.) **Curso de recuperação de áreas degradadas: a visão da ciência do solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação.** 1 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008.

TEIXEIRA, Paulo César *et al.* (Org.) **Manual de métodos de análise de solo.** 3 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017, p. 574.

VAN RAIJ, Bernardo (Org.) **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes.** 1 ed. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute (IPNI), 2011.

WERLE, Rodrigo; GARCIA, Rodrigo Arroyo; ROSOLEM, Ciro Antonio. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 6, p. 2297-2305, 2008.

ZÖRB, cristão; SENBAYRAM, Mehmet; PEITER, Edgar. Potássio na agricultura - status e perspectivas. **Journal of plant physiology**, v. 171, n. 9, p. 656-669, 2014.

**IDENTIFICAÇÃO BOTÂNICA DAS ESPÉCIES DE PLANTAS
DANINHAS EM PASTAGENS NA REGIÃO DO MÉDIO
MEARIM, MARANHÃO**

Márcia Gabrielly Brito da Silva¹
Antônio Lopes do Bonfim Neto²
Mário Luiz Ribeiro Mesquita³

INTRODUÇÃO

Mapeamento realizado pela Fundação Getúlio Vargas feito para quantificar a área de pastagem no Brasil mostra que aproximadamente 20% da área territorial brasileira (169 milhões de hectares) são ocupados por pastagens e informa que cerca de 30% da referida área está degradada ou em processo de degradação (FGV, 2016).

A infestação de plantas daninhas é o primeiro sinal consistente de degradação das pastagens. Isso ocorre devido a práticas inadequadas de manejo, incluindo o uso sistemático de taxas de lotação que excedem a capacidade do pasto de se recuperar do pastejo e do pisoteio e a falta de manutenção periódica da fertilidade do solo. Estas práticas resultam no aparecimento de áreas descobertas na pastagem que são prontamente invadidas pelas plantas daninhas.

¹ Graduanda do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual do Maranhão; Campus Bacabal, Bolsista do PIBIC/UEMA

² Professor do Departamento de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Maranhão; Campus Bacabal

³ Professor do Departamento de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Maranhão; Campus Bacabal

O aumento na ocorrência de plantas daninhas, resulta na redução gradual da capacidade de suporte das pastagens. Assim, a infestação de plantas daninhas é o principal problema agrônômico que afeta a atividade pecuária extensiva no Nordeste do Brasil, particularmente no estado do Maranhão (DIAS-FILHO, 2011)

Dias Filho (2017) sugere uma classificação das pastagens composta por quatro níveis de degradação. No nível 1 (Leve) a pastagem ainda é produtiva, mas já contém áreas de solo descoberto ou com a ocorrência de plantas daninhas. A rebrota do capim após o pasto é lenta e a capacidade de suporte cai cerca de 20%. No nível 2 (Moderado) observa-se aumento na infestação de plantas daninhas ou no percentual do solo descoberto, a capacidade de suporte cai entre 30 e 50%. No nível 3 (Forte) é considerado como degradação agrícola. A capacidade de suporte cai entre 60 e 80%. No nível 4 (Muito forte) é a degradação biológica, com a predominância de solo descoberto. Capacidade de suporte cai acima de 80%.

O Maranhão tem o segundo maior rebanho bovino do Nordeste com 7.643.128 cabeças perdendo apenas para o Estado da Bahia, que possui o efetivo de 10.758.372 (IBGE, 2016). As regiões do Médio Mearim e Imperatriz tem um efetivo de 2.334.949 cabeças, equivalente a 31% do rebanho bovino do estado.

As plantas daninhas interferem no crescimento e no rendimento das pastagens por meio de competição por nutrientes, água, luz e espaço. Além disso, muitas espécies possuem mecanismos

alelopáticos que impedem o crescimento de espécies forrageiras a elas associadas resultando em decréscimo no rendimento na ordem de 96% (SCHUSTER *et al*, 2016; DIAS FILHO, 2017).

O conhecimento sobre a composição florística, a identificação das principais espécies por meio de análises fitossociológicas e a determinação da diversidade das comunidades de plantas daninhas são cruciais para a proposição de programas de manejo integrado de plantas daninhas nas pastagens.

Pesquisas sobre identificação e quantificação de espécies de plantas daninhas em áreas de pastagens foram realizadas por diversos autores incluindo COSTA *et al* (2013), FERREIRA *et al* (2014), LUSTOSA *et al* (2016), SCHUSTER *et al* (2016), ZEB *et al* (2017), LIMA *et al* (2017), KURDIOKOVA *et al* (2018), CARVALHO *et al* (2018), SANTOS *et al* (2018), GHANIZADEH; HARRINGTON (2019) MARQUES *et al* (2019) LIRA *et al* (2020) e SOUSA; SOUSA (2021). No entanto, não há nenhum relato sobre estudos de plantas daninhas em pastagens na região do Médio Mearim, no Maranhão.

Pesquisas com enfoque na ecologia das espécies de plantas daninhas são fundamentais para subsidiar programas de manejo integrado de plantas daninhas em pastagens degradadas.

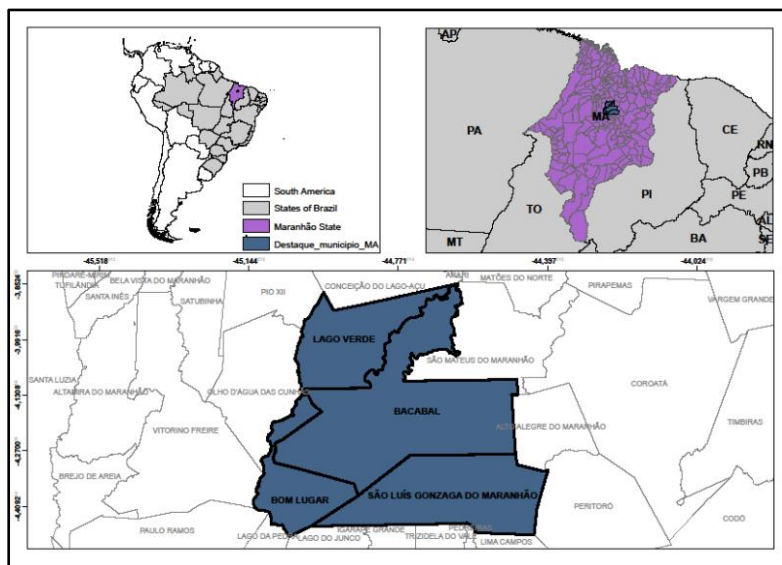
Com base neste enfoque, o presente estudo objetiva investigar a composição florística, a fitossociologia e a diversidade das plantas daninhas presentes em pastagens degradadas na região do Médio Mearim, estado do Maranhão.

MATERIAL E MÉTODOS

Características do local da pesquisa

O levantamento fitossociológico foi realizado em pastagens degradadas de capim *Brachiaria* spp. com aproximadamente dez anos de idade, nos municípios de Bacabal (4°14'15.3"S e 44°58'39.6"W), São Luiz Gonzaga (02° 31' 47" S e 44° 18' 10" W), Lago Verde (4°07'47.8"S e 44°56'56.5"W) e Bom Lugar (4°21'35.7"S e 45°02'42.7"W) na microrregião do Médio Mearim, no estado do Maranhão, nordeste do Brasil entre os meses de janeiro a maio de 2021 (Figura 1).

Figura 1. Mapa com a localização dos municípios de Lago Verde, Bacabal, Bom Lugar e São Luis Gonzaga, estado do Maranhão.



Fonte: Mesquita, M. L. R. (2021).

Em todas as pastagens dos municípios pesquisados a forrageira cultivada é a *Brachiaria brizantha*, com exceção de Bom Lugar, onde a forrageira é a *Brachiaria ruziziensis* e São Luiz Gonzaga que além da *B. Brizantha* também cultiva *Panicum maximum*.

O contole de plantas daninhas é feito por meio dos métodos mecânico, com roço e químico, com a aplicação de herbicidas em todas as pastagens, com exceção de Bom Lugar onde o controle é feito apenas por meio do métodos mecânico, com roço.

O clima da região é do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, tropical, quente e úmido, com uma estação chuvosa que vai de janeiro a junho e uma seca, de julho a dezembro. A temperatura média é de 25°C e a precipitação é de aproximadamente 1.800 mm por ano.

O relevo é plano e suave ondulado. A altitude é de aproximadamente 38 metros. É visível a presença de morros residuais em alguns trechos. Essas formas foram modeladas nos siltitos, argilitos e às vezes arenitos argilosos e folhelhos que fazem parte da litologia da Formação Itapecuru que deu origem aos Plintossolos, Argissolos e Latossolos, que predominam na região EMBRAPA, (2018).

A vegetação natural da área pertence à Floresta Ombrófila Aberta com Babaçu (*Attalea speciosa* Mart. ex Spreng.) Arecaceae, que não corresponde mais à descrição original devido à prática de corte e queima da vegetação tanto para implantação de pastagens,

quanto para plantio de arroz, milho, feijão-caupi, mandioca e hortaliças.

Levantamento florístico

A amostragem foi feita pelo método do quadro inventário, por meio de um dispositivo de ferro vazado com as dimensões de 0,80 m x 0,50 m (0.40 m²). O dispositivo foi lançado aleatoriamente 10 vezes sobre cada pastagem. Após a coleta, as plantas foram separadas, identificadas e contadas por espécie.

As espécies foram identificadas por meio de comparações com outras espécies já identificadas na literatura (LORENZI, 2008) e também por meio de consultas a especialistas.

A lista florística com famílias e espécies foi organizada de acordo com o sistema de classificação estabelecido nas diretrizes do Angiosperem Phylogeny Group IV (APG IV, 2016). Todos os nomes científicos e seus autores serão confirmados após verificação no Internacional Plant Names Index (IPNI, 2021).

Após o levantamento e a identificação, as plantas daninhas foram prensadas em duas peças de MDF de 40 cm x 20 cm e desidratadas em temperatura ambiente. Após a secagem, as exsicatas foram montadas e organizadas e o material testemunho foi depositado no Herbário Maranhão Continental-BMA, da Universidade Federal do Maranhão, Campus Bacabal.

Avaliação da fitossociologia

O número de indivíduos de cada espécie identificada no levantamento florístico serviu de base para o cálculo dos seguintes parâmetros fitossociológicos: frequência, densidade e abundância absolutas e relativas e do valor de importância de cada espécie.

A densidade mostra o número de indivíduos de cada espécie por unidade de área. A frequência permite avaliar a distribuição das espécies na área. A abundância mostra a relação entre o número total de indivíduos de uma espécie e o número total de unidades amostrais que contém a espécie.

A frequência, a densidade e a abundância relativas informam a relação de cada espécie com as outras encontradas na área. O valor de importância indica quais são as espécies mais importantes nas áreas estudadas sob o ponto de vista quantitativo e qualitativo. (MULLER-DOMBOIS; ELLEMBERG, 1974).

Os parâmetros fitossociológicos foram calculados usando as seguintes fórmulas:

$$\text{Frequência Absoluta (FA)} \quad FA_i = \frac{N_{Ui}}{NUT}$$

FA_i = Frequência absoluta da espécie i

N_{Ui} = Número de unidades amostrais com a presença da espécie i

NUT = Número total de unidades amostrais

$$\text{Frequência Relativa (FR)} \quad FR_i = \frac{FA_i}{\sum FA} \times 100$$

FR_i = Frequência relativa da espécie i

FA_i = Frequência absoluta da espécie i

$\sum FA$ = Soma de todas as frequências absolutas

$$\text{Densidade Absoluta (DA)} \quad DA_i = \frac{Ni}{A}$$

DA_i = Frequência absoluta da espécie i

N_i – Número total de indivíduos da espécie i

A = Área amostrada em hectare

$$\text{Densidade Relativa (DR)} \quad DR_i = \frac{DA_i}{\sum DA} \times 100$$

DR_i = Densidade relativa da espécie i

DA_i = Densidade absoluta da espécie i

$\sum DA$ = Soma de todas as densidades absolutas

$$\text{Abundância Absoluta (ABA)} \quad ABA_i = \frac{Ni}{NUT_i}$$

ABA_i = Abundância absoluta da espécie i

N_i = Número total de indivíduos da espécie i

NUT_i = Número total de unidades amostrais que contém a espécie i

$$\text{Abundância relativa (ABR)} \quad ABR_i = \frac{ABA_i}{\sum ABA} \times 100$$

ABR_i = Abundância relativa da espécie i

ABA_i = Abundância absoluta da espécie i

$\sum ABA$ = Soma de todas as abundâncias absolutas

$$\text{Valor de Importância (VI)} = FR + DR + ABR$$

FR = Frequência relativa

DR = Densidade relativa

ABR = Abundância relativa

Avaliação da diversidade florística

A diversidade florística de cada local foi avaliada por meio do cálculo do Índice de Diversidade de Shannon (H') com base no logaritmo natural, que considera o peso igual entre as espécies raras e abundantes. Considera-se que quanto maior o valor de H' , maior a

diversidade florística (SHANNON; WEAVER, 1949). O Índice de Diversidade de Shannon foi calculado pela fórmula:

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

Onde: \ln é o logaritmo natural; $p_i = n_i / N$; n_i é o número de indivíduos amostrados da espécie i ; e N é o número total de indivíduos amostrados. O resultado é expresso em dígitos naturais (nats) por indivíduo, pois a fórmula usa uma base logarítmica e . O Índice de Diversidade de Shannon varia de 1,5 a 3,5 e dificilmente ultrapassa 4,0 (KWAK; PETERSON, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No total foram registrados 1.661 indivíduos de 13 espécies de plantas daninhas pertencentes a seis famílias botânicas (Tabela 1).

Tabela 1. Lista de espécies, famílias e número de indivíduos de plantas daninhas encontradas em pastagens degradadas nos municípios de Bacabal (P₁), São Luiz Gonzaga (P₂), Lago Verde (P₃) e Bom Lugar (P₄), estado do Maranhão, 2021.

| Espécie | Família | Número de indivíduos | | | |
|--|----------------------|----------------------|-----|-----|-----|
| | | P1 | P2 | P3 | P4 |
| <i>Alternanthera tenella</i> Colla | <u>Amaranthaceae</u> | - | 14 | 39 | 47 |
| <i>Acanthospermum australe</i> (Loefl.) Kuntze | Asteraceae | - | - | 8 | - |
| <i>Ageratum conyzoides</i> L. | Asteraceae | 50 | - | - | - |
| <i>Bidens pilosa</i> L. | Asteraceae | - | - | - | 4 |
| <i>Galinsoga parviflora</i> L. | Asteraceae | 20 | - | - | - |
| <i>Cyperus luzulae</i> (L.) Retz. | <u>Cyperaceae</u> | - | 204 | 89 | 103 |
| <i>Rhynchospora nervosa</i> (Vahl) Boeckeler | <u>Cyperaceae</u> | 274 | 195 | 94 | 97 |
| <i>Sida glaziovii</i> K. Schum | Malvaceae | - | - | - | 41 |
| <i>Urena lobata</i> L. | Malvaceae | - | 20 | - | - |
| <i>Brachiaria mutica</i> (Forssk.) Stapf | Poaceae | - | 26 | 72 | - |
| <i>Sporobolus indicus</i> (L.) R. Br. | Poaceae | 84 | 141 | - | - |
| <i>Mitracarpus hirtus</i> (L.) DC. | Rubiaceae | - | - | - | 13 |
| <i>Spermacoce verticillata</i> L. | Rubiaceae | - | - | 53 | - |
| TOTAL 13 | | 428 | 600 | 355 | 305 |

Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

A família que teve a maior riqueza florística foi a Asteraceae, com quatro espécies, seguida por Cyperaceae, Malvaceae, Poaceae e Rubiaceae, com duas espécies cada.

Por um lado, A família Asteraceae contém espécies que produzem muitas sementes pequenas, que tem como principal característica a facilidade de dispersão pelo vento, facilitando a formação de bancos de sementes no solo, a germinação e o crescimento em áreas abertas nas pastagens (KURDIOKOVA, 2018).

Por outro lado, a riqueza florística da família Cyperaceae reflete a habilidade da propagação vegetativa, por meio de um

complexo sistema subterrâneo que consiste de estolhos, rizomas e tubérculos. Além disso, a formação de significativo banco de sementes no solo é um importante componente de regeneração para muitas espécies desta família (LECK; SCHÜTZ, 2005)

Resultados similares foram relatados por LUSTOSA *et al* (2016) em pastagens degradadas no sul do Brasil, por ZEB *et al* (2017), em pastagens no Paquistão, por CARVALHO *et al* (2018), em pastagens degradadas em Araguatins, estado do Tocantins, onde também foram encontradas 13 espécies da família Asteraceae, e por SOUSA; SOUSA (2021) em pastagens degradadas no estado de Rondônia.

O número de espécies identificadas neste estudo ($n = 13$) é menor do que aqueles observados em pastagens degradadas em Manaus, por COSTA *et al* (2013), no médio vale do rio Doce, por FERREIRA *et al.* (2014), na região do nordeste paraense, por LIMA *et al* (2017), no estado do Paraná, por MARQUES *et al* (2019), em pasagens na Nova Zelândia, por GANIZADECH & HARRINGTON, (2019), na região do Cariri paraibano, por LIRA *et al* (2020)

A diferença no número de espécies pode ser explicada pelo histórico das áreas, pela idade das pastagens, pelas práticas de manejo e pelo nível de degradação.

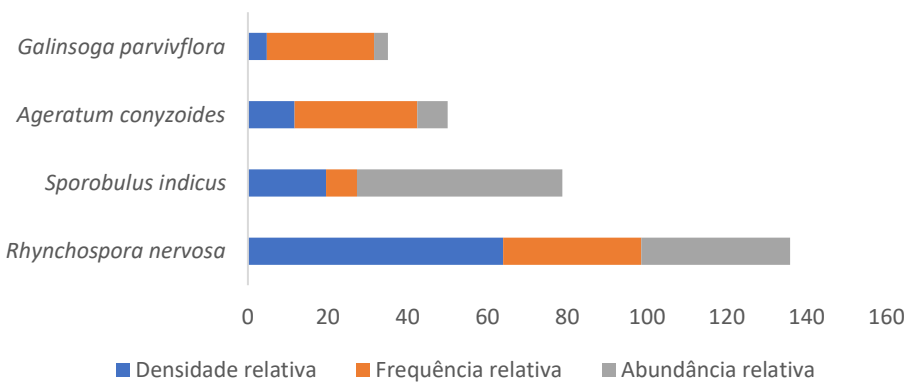
As cinco espécies que tiveram o maior número de indivíduos neste estudo foram *R. nervosa* ($n = 633$), *C. luzulae* ($n = 396$), *S. indicus* ($n = 225$), *A. tenella* ($n = 100$) e *B. mutica* ($n = 98$). Estas

espécies tiveram 87% do total de indivíduos de todo o estudo. São espécies muito agressivas, de difícil controle e muito frequentes em toda a região tropical, particularmente nas pastagens (LORENZI, 2008).

A espécie *R. nervosa* ocorreu em todas as pastagens pesquisadas, indicando possuir grande plasticidade, isto é, a capacidade de se adaptar e invadir culturas e pastagens de diferentes locais.

Com relação à análise fitossociológica, a espécie dominante na pastagem de Bacabal, de acordo com o Valor de Importância, foi *R. nervosa* (VI = 135,95) (Figura 2).

Figura 2. Valor de Importância das espécies de plantas daninhas encontradas em pastagem degradada no município de Bacabal, estado do Maranhão, 2021.



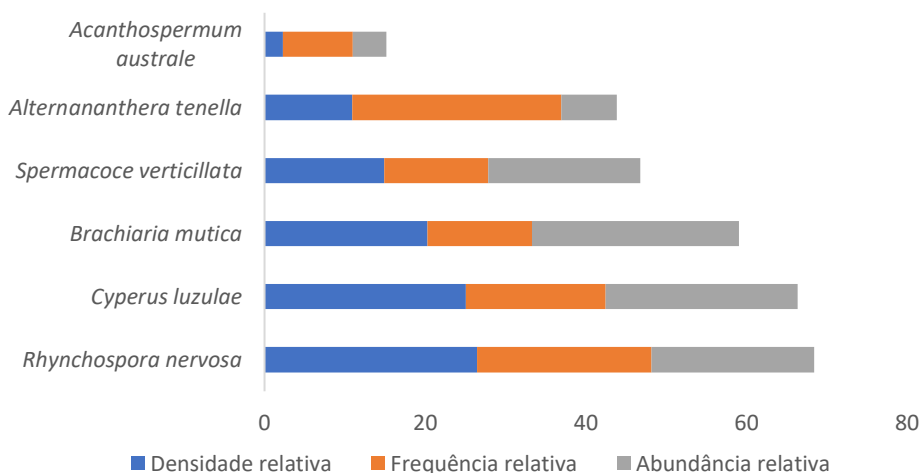
Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

Os parâmetros fitossociológicos que mais contribuíram para a composição do maior VI da espécie *R. nervosa* na pastagem em

Bacabal (VI = 135,9) foram a densidade relativa, que caracteriza a ocorrência concentrada dessa espécie por unidade de área e a abundância relativa, que mostra a alta relação dessa espécie com as outras encontradas na área (Figura 2).

Segundo TORRES *et al* (2012), *R. nervosa* pode ser ingerida pelos bovinos quando há escassez de pastagens na época seca, mas ela tem a capacidade de produzir e acumular um composto tóxico (nitrito) que causa intoxicação, com sintomas de fotossensibilização que pode matar os animais.

Figura 3. Valor de Importância das espécies de plantas daninhas encontradas em pastagem degradada no município de Lago Verde, estado do Maranhão, 2021.



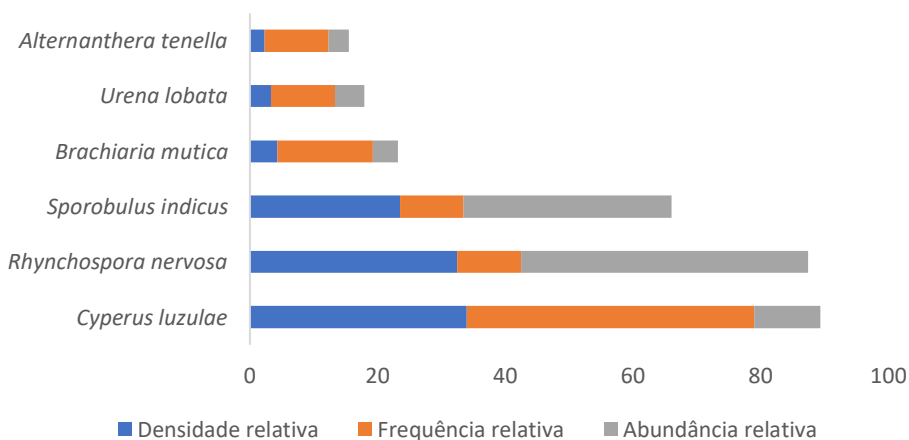
Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

A espécie dominante na pastagem de Lago Verde, de acordo com o Valor de Importância, também foi *R. nervosa*, (VI = 68,5), da mesma forma que na pastagem de Bacabal (Figura 3).

Os parâmetros fitossociológicos que mais contribuíram para a composição do maior VI da espécie *R. nervosa* em Lago Verde, foram a densidade relativa, que caracteriza a ocorrência concentrada dessa espécie por unidade de área e a frequência relativa, que mostra a alta distribuição da espécie na área (Figura 3).

Ainda com relação à análise fitossociológica, *C. luzulae* foi a espécie dominante nas pastagens de São Luís Gonzaga (VI = 89,4) (Figura 4).

Figura 4. Valor de Importância das espécies de plantas daninhas encontradas em pastagem degradada no município de São Luís Gonzaga, estado do Maranhão, 2021.

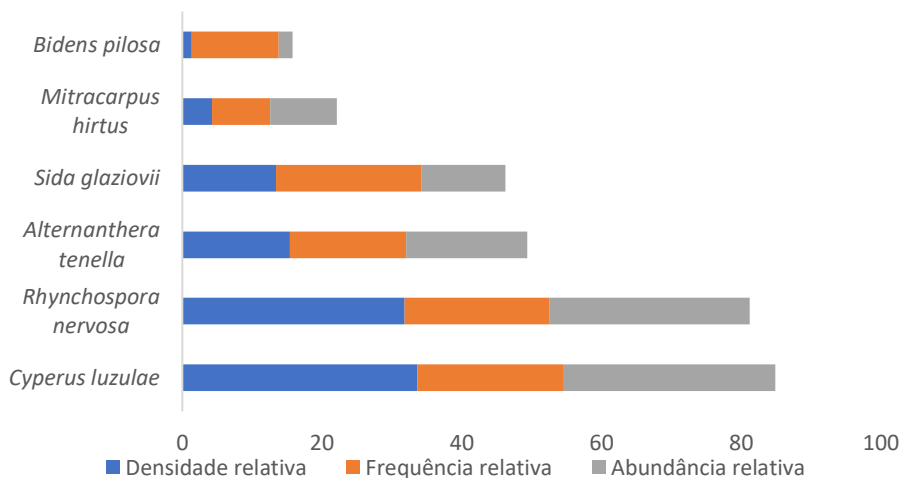


Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

Os parâmetros que mais contribuíram para a composição do maior VI da espécie *C. luzulae* em São Luís Gonzaga foram a densidade relativa e a frequência relativa. (Figura 4)

C. luzulae também foi a espécie dominante nas pastagens de Bom Lugar, da mesma forma que na pastagem de São Luís Gonzaga (VI = 84,8) (Figura 5).

Figura 5. Valor de Importância das espécies de plantas daninhas encontradas em pastagem degradada no município de Bom Lugar, estado do Maranhão, 2021



Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

Os parâmetros que mais contribuíram para o maior VI da espécie *C. luzulae* em Bom Lugar foram a densidade relativa e a abundância relativa (Figura 5).

Diferenças nos valores dos parâmetros fitossociológicos podem ser explicadas pelo histórico das pastagens, particularmente

no que se refere ao manejo e controle inadequados, e pela forma de propagação das espécies, predominantemente por sementes, que são produzidas em grandes quantidades. Além disso, são plantas de crescimento muito rápido e vigoroso (LORENZI, 2008).

As espécies *R. nervosa* e *S. indicus* tem ciclo de vida perene e se reproduzem exclusivamente por sementes. Segundo LECK; SHUTZ (2015), *R. nervosa* pode produzir 9.500 sementes por planta enquanto que uma única planta de *S. indicus* pode produzir 200.000 sementes por ano (DIAS-FILHO, 2015).

A. conyzoides, *G. parviflora*, são plantas anuais que se reproduzem por sementes. Segundo LORENZI (2008), uma única planta de *A. conyzoides* pode produzir 40.000 sementes enquanto que *G. parviflora* pode produzir 400.000 sementes por ciclo (TOIT & COURT DE BILLOT, 1991).

C. luzulae e *B. mutica* também são perenes, mas se propagam de forma sexual por meio de sementes e também de forma assexual ou vegetativa, por meio de rizomas. São plantas muito agressivas e de difícil controle. São muito frequentes em todo o território brasileiro, particularmente nas pastagens (LORENZI, 2008).

S. verticillata, *U. lobata* e *S. glaziovii* tem ciclo de vida perene e se reproduzem exclusivamente por sementes que são produzidas em grande quantidade (KISSMANN, 1997).

A. tenella é uma espécie anual ou perene, dependendo das condições de umidade do solo propaga-se apenas por sementes. Muito frequente nas áreas cultivadas.

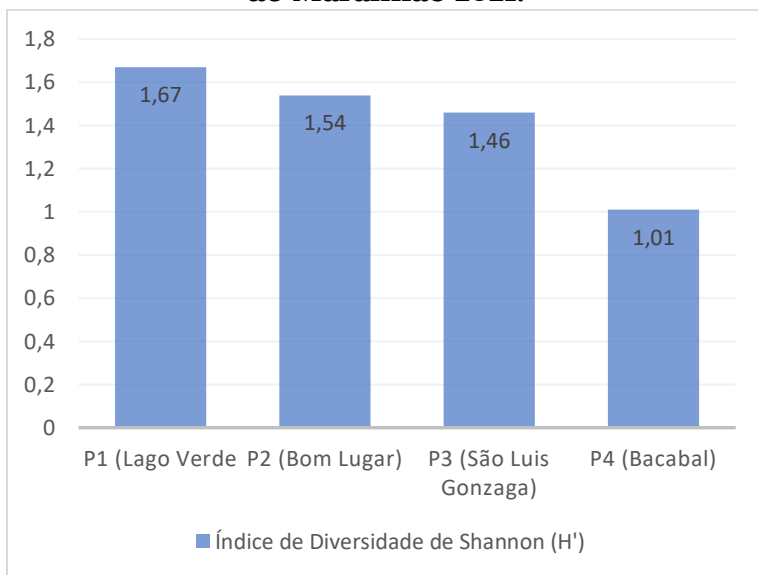
A. australe é planta anual que se reproduz por sementes. *A. australe* tem um ciclo reprodutivo muito curto, em torno de 50 dias. (LORENZI, 2008).

M. hirtus, *B. pilosa* são plantas anuais que se reproduzem por sementes. Segundo SHIVAKUMAR *et al* (2014) *B. pilosa* pode produzir 8.121 sementes por planta. Estas espécies infestam todas as áreas cultivadas e pastagens degradadas. (LORENZI, 2008).

Observou-se diferenças na diversidade florística entre as comunidades de plantas daninhas nas pastagens pesquisadas, conforme pode ser observado pelos valores do Índice de Diversidade de Shannon (Figura 2).

A diversidade florística, em geral, foi baixa em todas as comunidades de plantas daninhas ns pastagens pesquisadas (KWAK; PETERSON, 2017). O maior valor foi observado Lago Verde ($H' = 1,670$), indicamdo que a pastagem deste município está com maior nível de degradação do que as demais. Em contraste, a pastagem localizada em Bacabal está com menor nvel de degradação entre todas as pastagens pesquisadas (Figura 2).

Figura 6. Índice de Diversidade de Shannon (H') das comunidades de plantas daninhas registradas em pastagens degradadas nos Municípios de Lago Verde, Bom Lugar, São Luís Gonzaga e Bacabal, na região do Médio Mearim, estado do Maranhão 2021.



Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

Segundo MOLNÁR *et al* (2020) diferenças nas práticas culturais realizadas pelos criadores de cada propriedade afetam a diversidade florística das comunidades de plantas daninhas nas pastagens.

Durante o levantamento observou-se que as pastagens de Lago Verde, Bom Lugar e São Luís Gonzaga tem um manejo mais rudimentar, enquanto que a de Bacabal tem um manejo feito com nível tecnológico diferenciado onde o criador usa dois métodos de controle das plantas daninhas: o método mecânico, com roço; e o químico, com aplicação localizada de herbicidas. Isso explica a

menor diversidade florística da comunidade de plantas daninhas na pastagem degradada deste município.

Todas as pastagens pesquisadas estão infestadas com plantas daninhas, inclusive com a ocorrência de espécies tóxicas e de baixa palatabilidade, reduzindo a capacidade de suporte, evitando que os bovinos façam pleno uso das áreas.

CONCLUSÕES

As famílias botânicas mais representativas e que tiveram a maior riqueza florística nas pastagens avaliadas foram Asteraceae, com quatro espécies, Cyperaceae, Malvaceae, Poaceae e Rubiaceae, com duas espécies cada e Amaranthaceae, com uma espécie;

O número e a distribuição das espécies de plantas daninhas variaram, com o menor número registrado na pastagem em Bacabal ($n = 4$) e o maior em Lago Verde, São Luís Gonzaga e Bom Lugar ($n = 6$);

As cinco espécies que se destacaram com o maior número de indivíduos foram, em ordem decrescente, *Rhynchospora nervosa*, *Cyperus luzulae*, *Sporobolus indicus*, *Alternanthera tenella* e *Brachiaria. mutica*. Estas espécies tiveram 87% do total de indivíduos de todo o estudo;

Rhynchospora nervosa é a espécie mais importante nas pastagens degradadas de Bacabal e Lago Verde e *Cyperus luzulae* é a mais importante nas pastagens de São Luís Gonzaga e Bom Lugar;

A diversidade florística das comunidades de plantas daninhas variou entre as pastagens pesquisadas. A pastagem de Lago Verde teve o maior valor indicando maior nível de degradação do que as demais;

Todas as pastagens estudadas apresentam um alto índice de infestação de plantas daninhas demonstrando não ter nenhum programa eficiente de controle;

Recomenda-se a realização de pesquisas adicionais para a definição de práticas de manejo sustentável de plantas daninhas visando a recuperação das pastagens degradadas da região do Médio Mearim, estado do Maranhão.

REFERÊNCIAS

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP - APG. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.181, n.1, p.1-20, 2016. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>

CARVALHO, F. L. C.; BARBOSA JÚNIOR, L. B.; SOUSA, R. R.; ARAÚJO, N. B. P.; BARROS, A. P.; SILVA, R. B. 2018. Composição florística de plantas daninhas em pastagens do IFTO - Campus Araguatins, Tocantins. 9 **JICE** p.1-11, 2018. <https://prop.ipto.edu.br/ocs/index.php/jice/gjice/paper/view/9255>

COSTA, J.R.; MITJA, D.; LEAL FILHO, N. Bancos de sementes do solo em pastagens na Amazônia Central. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 74, p. 115-125, 2013.

https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/431/pdf_40

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 4. ed. rev., atual. e ampl. Belém-PA, 2011. 216 p.
http://www.diasfilho.com.br/Livro/Degrad_Past_4a_ed_Moacyr_Dias-Filho.pdf

DIAS-FILHO, M. B. **Controle de capim-capeta [*Sporobolus indicus* (L.) R. Br.] em pastagens no Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2015. 7p. (Comunicado técnico 268). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/amazonia-oriental/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1025209/controlde-capim-capeta-sporobolus-indicus-l-r-br-em-pastagens-no-estado-do-para> >. Acesso em: 22/01/2022.

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: o que é e como evitar**. Embrapa, 2017 (19 p.) <http://www.embrapa.br/amazonia-oriental/publicacoes>

DIAS-FILHO, M. B. Manejo profissional da pastagem: fundamento para uma pecuária empresarial. Documentos 431, **Embrapa Amazônia Oriental**, Belém 30 p. 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. (2018) **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 5ª. edição. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1094003/sistema-brasileiro-de-classificacao-de-solos>

FERREIRA, E. A.; FERNANDEZ, A. G.; SOUZA, C. P.; FELIPE, M. A.; SANTOS, J. B.; SILVA, D. V.; GUIMARÃES, F. A. R. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em pastagens degradadas do Médio Vale do Rio Doce, Minas Gerais. **Revista Ceres**, v. 61, n.4, p. 502-510, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201461040008>

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS. **Intensificação da pecuária brasileira: seus impactos no desmatamento evitado, na produção de carne e na redução de emissões de gases de efeito estufa. Relatório completo.** FGV, São Paulo-SP. p. 1-111. 2016. Disponível em https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/17724/Intensificacao_da_Pecuaria_Brasileira_Relatorio_Completo.pdf. Acesso em: 12 jul. 2021

GHANIZADEH H.; HARRINGTON, K. C. Weed Management in New Zealand Pastures. *Agronomy* v.9, n. 448; p. 1-18, 2019, doi:10.3390/agronomy9080448

INTERNATIONAL PLANT NAMES INDEX - INPI. Search Plant Names. Plant Name Query. <http://www.ipni.org/ipni/plantnamesearchpage>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA e ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário de 2016.**

KISSMANN, K.G. **Plantas infestantes e nocivas. Tomo I.** São Paulo: Basf. 1997.823 p

KURDIOKOVA, O. M. Seed production capability of monocotyledonous and dicotyledonous weeds in segetal and ruderal habitats. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2018, v.8, n.1, p. 153-157. 2018. doi: 10.15421/2018_2018

KWAK, T.J.; PETERSON J.T. Community indices, parameters, and comparisons. In: Guy; C. S.; Brown, M. L. (Eds.). Analysis and interpretation of freshwater fisheries data. Bethesda: **American Fisheries Society**, 2007. p.677-763. 2007. https://repository.lib.ncsu.edu/bitstream/handle/1840.2/483/Kwak_%26_Peterson_2007.pdf?sequence=1&isAllowed=y. 09 Mai. 2018.

LECK, M.A.; SCHÜTZ, W. Regeneration of Cyperaceae, with particular reference to seed ecology and seedbanks. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v.7, n.2, p. 95-133, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2005.05.001>

LIMA, A. K. O.; ARAUJO, M. S. B.; SANTOS. N. B. A.; MELO; M. R. S.; SOUSA, V. Q.; PEDROSO, A. J. S.; BORGES, L. S. B.; FREITAS, L. S. Composição florística e fitossociologia de plantas espontâneas em pastagens do gênero *Brachiaria* (Syn. *Urochloa*) no nordeste paraense. **Agroecossistemas**, v. 9, n. 2, p. 339 – 349, 2017.

LIRA, E. H. A.; SOUZA, B. I.; OLIVEIRA, S. J. C. Fitossociologia de plantas daninhas em área de pastoreio no Município de Caturité, Região do Cariri Paraibano, Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**. v.7, n. 15, p. 363-372, 2020. [https://doi.org/10.21438/rbgas\(2020\)071526](https://doi.org/10.21438/rbgas(2020)071526)

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 4ª ed. Nova Odessa - SP: Instituto Plantarum, 2008.

LUSTOSA, S. B. C.; SCHUSTER, M. Z.; MARTINICHEN, D.; PELISSARI, A.; GAZZIERO, D. L. P. Floristic and phytosociology of weed in response to winter pasture sward height at Integrated Crop-Livestock in Southern Brazil. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, Guarapuava-PR, v.9, n.2, p.19-26, 2016. (DOI): 10.5935/PAeT.V9.N2.02

MARQUES, R. F.; MARCHI, S. R ; ARAÚJO, P. P. S.; PINHEIRO,G. H. R.; QUEIROZ,, B. T. B. , AMALIA ANDREZA SOUSA, A. A. SILVA. Interferência de plantas daninhas na formação de pastagem com capim Vaquero. **Acta Iguazu**, v.8, n.4, p. 107-120, 2019. DOI: <https://doi.org/10.48075/actaiguaz.v8i4.21477>

MOLNÁR, Z.;KELEMEN, A.; KUN, R.; MÁTÉ, J.; SÁFIÁN, L.; PROVENZA, F.; DÍAZ, S.; BARANI, H.; BIRÓ, M.; MÁTÉ, A.;

VADÁSZ, C. Knowledge co-production with traditional herders on cattle grazing behaviour for better management of species-rich grasslands. **Journal of Applied Ecology**, v.57 p.1677-1687. 2020. DOI: 10.1111/1365-2664.13664

MULLER-DOMBOIS, D.; ELLEMBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**, New York: John Wiley & Sons. 1974. 547p.

SANTOS, W. F.; PROCÓPIO, S. O.; SILVA, A. G.; FERNANDES, M. F.; SANTOS, E. R. Phytosociology of weed in the southwestern Goiás region. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 40, e33049, 2018. Doi: 10.4025/actasciagron.v40i1.33049

SCHUSTER, M. Z.; PELISSARI, A.; MORAES, A.; HARRISON, S.K.; SULC, R.M.; LUSTOSA, S.B.C; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F. [Grazing intensities affect weed seedling emergence and the seed bank in an integrated crop-livestock system](https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.08.005). **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 232, p. 232-239, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.08.005>

SHIVAKUMAR, K. V.; DEVENDRA, R.; MUNISWAMAPPA, M. V.; , G. K. HALES, G. K.; MAHADEVAMURTHY, M. Weed seed production potentials in *Bidens pilosa* L. in plantation crops in hill zone of Karnataka, **International Journal of Research in Applied, Natural and Social Sciences**, v. 2, n.2, p. 11-182014,.

SOUSA, K. B; SOUSA, F. R. Levantamento de plantas daninhas em pastagens no município de Rolim de Moura – RO. In: **Responsabilidade social, produção e meio ambiente nas ciências agrárias 2** / Organizador Pedro Henrique Abreu Moura. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021. P.137-149. <https://doi.org/10.22533/at.ed.05421120713>

SHANNON, C.E.; WEAVER, W. **The Mathematical Theory of Communication**. Urbana: University of Illinois Press, 1949. 117p.

TOIT, A. E. G. du; COURT DE BILLOT, M. R. le; Weed emergence patterns of some arable weeds under field conditions. **South African Journal of Plant and Soil**, v.8, n.3, p. 153-157. 1991.

TORRES, P.; DIAZ, G. J.; CÁRDENAS, E.; LOZANO, M. C. Ethnobotanical Study of Plants Poisonous to Cattle in Eastern Colombia. **International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research**. v.2, p. 14-19. 2012.

ZEB, U.; ALI, S.; LI, Z. H.; KHAN, H.; SHAHZAD, K.; SHUAIB, M. MUHAMMAD IHSAN, M. Floristic diversity and ecological characteristics of weeds at Atto Khel Mohmand Agency, KPK, Pakistan, **Acta Ecologica Sinica**, v.37, n. 6, p. 363-367, 2017.

MEL DE *Melipona fasciculata* (TIÚBA): obtenção de fermento isolado do mel e sua aplicação na produção de hidromel

Luis Alberto Rocha Rodrigues Junior¹

José de Ribamar Silva Barros²

Bruna Fernanda Silva de Sousa³

Gabriel Garcês Santos⁴

João Pedro Piccolo Couto⁵

Debora Letícia Duarte Santos⁶

Remy Lima Carvalho Filho⁷

INTRODUÇÃO

As abelhas sem ferrão (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae), diferentemente das *Apis mellifera* (italianas, africanas ou europeias), não possuem glândula de veneno, nem ferrão. São as abelhas nativas que produzem um mel bem característico, muito apreciado por conta de sua composição físico-química. Além do mel, estas abelhas têm um papel importantíssimo na manutenção da flora, são polinizadores de até 90% das plantas nativas, dependendo da região (KERR *et al.*, 1996).

¹ Graduando do curso de Agronomia na Universidade Estadual do Maranhão - UEMA; Bolsista PIBITI/CNPq.

² Doutor em Genética, Conservação e Biologia Evolutiva pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (2007). Atualmente é professor adjunto da Universidade Estadual do Maranhão e chefe do Departamento de Biologia - DBio/CECEN/UEMA.

³ Doutoranda em Biotecnologia- Universidad Politécnica de Madrid.

⁴ Mestrando no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA.

⁵ Graduando do curso de Med. Veterinária na Universidade Estadual do Maranhão - UEMA; Bolsista PIBITI/FAPEMA.

⁶ Medica Veterinária pela Universidade Estadual do Maranhão - UEMA.

⁷ Graduando do curso de Med. Veterinária na Universidade Estadual do Maranhão - UEMA; Bolsista PIBIC/FAPEMA.

Neste contexto, o Maranhão (nordeste do Brasil) se destaca a criação da abelha nativa, *Melipona fasciculata* (Apidae, Meliponini), conhecida como Tiúba, que apresenta importância ecológica pela polinização da flora endêmica e econômica, por auxiliar na renda de pequenos agricultores familiares (BEZERRA, 2002). Por exemplo, a região de Santo Amaro que possui um grande potencial na produção de mel de Tiúba contando com uma ótima estrutura para o beneficiamento do mel, além de possuir uma rica biodiversidade vegetal que incorpora uma complexa conexão de ecossistemas, incluindo manguezais, campos abertos e inundáveis, babaçuais, estuários, lagunas e matas ciliares (MARTINS; OLIVEIRA, 2011; DE MOURA, 2004).

Algumas abelhas do gênero *Melipona* são capazes de produzir um mel com características físico-químicas diferenciadas como maior acidez, umidade e teor alcoólico característico (RODRIGUES, 2005; SILVEIRA *et al.*, 2002). Estes méis possuem atrativas características medicinais e antioxidantes que atraem consumidores distintos, dispostos a pagar altos preços por este valioso produto, o qual possuem expressiva ascensão no mercado brasileiro com preços mais elevados se comparado ao mel de abelha *A. mellifera* (SOUZA *et al.*, 2004).

O teor alcoólico dos méis se deve em sua maioria pela presença de leveduras que podem fermentá-los, garantindo assim este sabor diferenciado (MENDES; FERREIRA *et al.*, 2010). Nesse

sentido, a fermentação alcoólica, cujo os produtos originários são, em maior quantidade, o álcool etílico (etanol) e o gás carbônico (CO₂) (CAMPOLINA, 2018), é considerada resultado do crescimento de microrganismos intrínsecos presentes de forma natural nos méis e sempre sobrevivendo nos substratos e equipamentos utilizados. Alguns substratos que contêm grande quantidade de açúcar, umidade e fontes de carboidratos facilmente assimilados são os ambientes mais propícios para que as populações de leveduras cresçam e ali se tornem densas. Ademais, flores e frutos se apresentam como habitats favoráveis a possuir todas essas características (ASHENAFI, 2006; BAHIRU *et al.*, 2001; FARIAS, 2019). No entanto este tipo de fermentação alcoólica pode ser imprevisível resultando na degradação do alimento e elaboração de bebidas como licores de frutas.

Em um mel com maior umidade pode-se encontrar predominante as leveduras, sendo principais aquelas do gênero *Zygosaccharomyces* que são reconhecidas como osmofílicas (SILVA *et al.*, 2017). O mel de Tiúba apresenta elevada umidade de 23 a 28 % (FERNANDES *et al.*, 2020; HOLANDA *et al.*, 2012) se comparado ao mel de *Apis*, 20 % (BRASIL, 2000) o que pode favorecer a presença de leveduras osmofílicas. Além disso, o mel elaborado por essas abelhas tem sabor levemente ácido, com o máximo de 70% de açúcar, um valor aceitável se comparado ao mel de *Apis* que possui padrões estabelecidos pela normativa Nº 20 de outubro de 2000, na qual

mensura o valor mínimo em 65% de açúcar (BRASIL, 2000), o que o torna mais apreciável e de qualidade adequada ao consumo humano (FERNANDES, 2017).

Algumas leveduras foram identificadas no mel e produtos de abelhas sem ferrão, como *Candida (Torulopsis) apicola* que está associada às espécies *Melipona quadrifasciata* (Mandaçaia) e *Melipona rufiventris* (Uruçú-amarela) por isso poderiam ser utilizadas na produção de bebidas (SILVA, 2017).

Desse modo, este tipo de fermentação alcoólica pode ser imprevisível, resultando na degradação do alimento e na elaboração de bebidas como o hidromel. O mel pode ser fermentado e produzir diferentes tipos de hidromel que podem ter sabores diferentes, dependendo da origem floral do mel e os aditivos e leveduras utilizados na fermentação (GUPTA; SHARMA, 2009).

O hidromel é uma bebida de imensa importância econômica devido ao aumento da demanda de produtos fermentados (FERREIRA, 2008). Muitos são os trabalhos encontrados de contagem de bolores e leveduras de *M. fasciculata*. No entanto, são desconhecidas quais as leveduras presentes no mel. Nesse sentido, prospecção de leveduras fermentativas do mel poderia contribuir na elaboração de um novo fermento para a produção de bebidas fermentadas, como por exemplo, o hidromel. A identificação de leveduras associadas as abelhas sem ferrão apresentam potencial biotecnológico, pois contribuirá para o conhecimento da estrutura

microbiota da colmeia, podendo elucidar relações importantes para a vida em sociedade nestes insetos, bem como prospectar potenciais leveduras para uso em bioprocessos. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é o isolamento e seleção de leveduras intrínsecas do mel de *Melipona fasciculata* (Tiúba) e seleção de leveduras com potencial fermentativo e sua aplicação no processo fermentativo do hidromel.

METODOLOGIA

Coleta das amostras

Foram utilizadas neste projeto amostras de mel de *M. fasciculata* (Tiúba) produtores da Baixada Maranhense, que possui um expressivo número de produtores do mel de Tiúba e o proponente mantém colaboração de projetos anteriores.

Na coleta do mel foram utilizados kits contendo seringas e canudos estéreis com o objetivo de reduzir possíveis contaminações na coleta do mel, garantindo apenas microrganismos próprios do mel. O mel foi armazenado em tubos estéreis em ambiente protegido da luz direta (Figura 1).

Figura 1: Coleta do mel utilizando materiais esterilizados.



Fonte: RODRIGUES, 2021.

Isolamento das leveduras do mel

Dos méis coletados foram feitas diluições em série no período de o dias após a data de cada coleta, onde foi retirado uma alíquota de 25g de mel e diluídos em 225mL de água peptonada (10^{-1}), e subsequentemente, 1mL desta diluição foi adicionado em tubos de ensaio contendo 9mL do mesmo diluente (10^{-2}) e assim por diante até a diluição 10^{-5} . De cada diluição, foram inoculadas em Agar de extrato de levedura-extrato de malte (YM) (glicose a 1%, peptona a 0,5%, extrato de malte a 0,3%, extrato de levedura a 0,3%, ágar a 2%) suplementado com 100 mg.L^{-1} de cloranfenicol volumes de $100 \mu\text{L}$ e 1mL organizados em triplicada para melhores observações. As placas

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE,
ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
foram incubadas a 28 °C e examinadas periodicamente até o
crescimento de leveduras (SAKSINCHAI *et al.*, 2012; DE SOUSA *et al.*,
2020).

Caracterização morfológica

Após diluição e inoculação das amostras de mel, as séries que apresentaram desenvolvimento de colônias foram fotografadas para análises de características macro e microscópicas. A caracterização morfológica das colônias foi baseada em aspectos vistos no crescimento em placa de petri.

As características macroscópicas estudadas foram: forma da colônia (Circular ou irregular); cor das colônias (branca, creme, amarela, rosa ou marrom); consistência (cremosa, mucóide, butirosa, esfarelada, dura, seca); bordas das colônias (lisas, franjeadas, onduladas, pregueadas, cremadas, lobuladas e filamentosas); tamanho (Pequeno, médio ou grande). e brilho (Opaco, moderado, intenso).

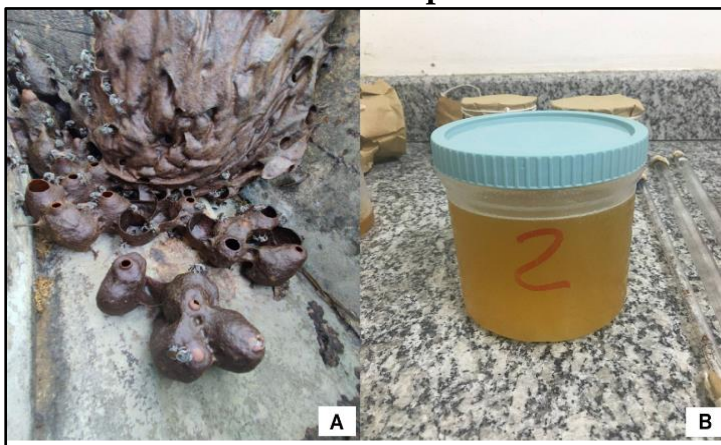
As características microscópicas foram observadas baseadas na forma no qual pode ser classificada em elipsoide, globosa, cilíndrica, apiculada, triangular, talóide, globular com hifas, globular com pseudohifas. (ANGIOLETTO, 2013; ALMEIDA, 2014; PEREIRA, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Coleta das amostras

As amostras foram coletadas utilizando seringas e mangueiras esterilizadas, sendo elas provenientes do município de São Bento - MA. A Figura 2 apresenta a estrutura da colmeia onde houve a coleta (A) junto com a representação do recipiente com o mel coletado (B).

Figura 2: Colmeia de Tiúba e recipiente com mel coletado



Legenda: Estrutura da colmeia (A); recipiente com mel coletado (B)

Fonte: Arquivo pessoal dos autores, 2021.

Isolamento das leveduras

O recipiente que continha o mel teve a retirada de uma alíquota com um peso de 25g mensurados em balança analítica (Figura 3) para posteriormente execução das diluições em série, como apresenta a Figura 4.

O processo de isolamento se fez por meio da observação do crescimento das leveduras logo após o processo de diluição. Cada

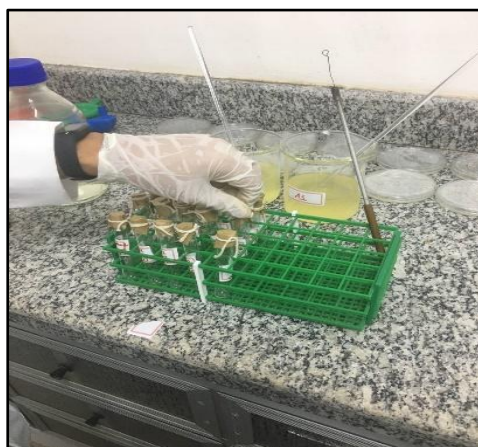
CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE,
ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
série de diluição foi dividida em triplicada. As placas que
apresentaram o crescimento de colônias, foram repicadas e passadas
para placas contendo meio de cultura YPD para fins de isolamento
das colônias observadas e logo após, armazenadas em BOD a 28° C.

Figura 3: Pesagem do mel em balança analítica



Fonte: Arquivo pessoal dos autores, 2021.

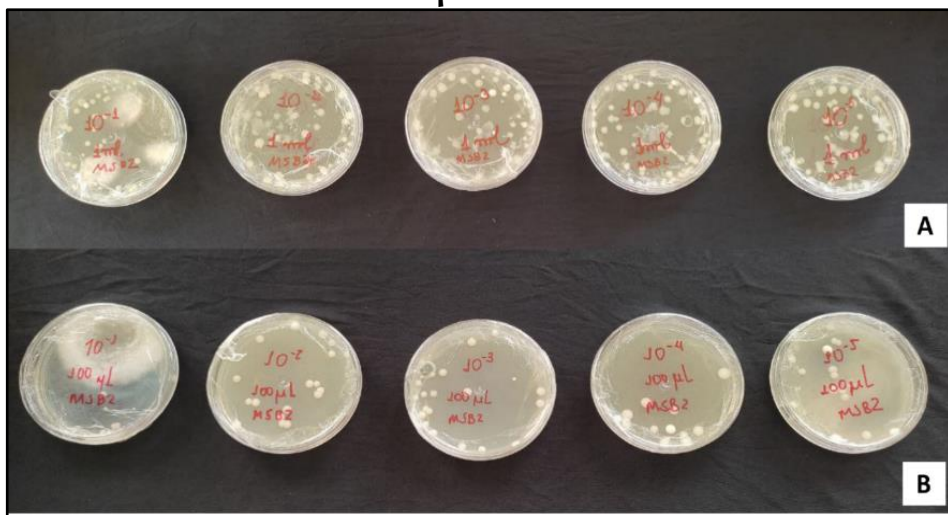
Figura 4: Execução das diluições seriadas



Fonte: Arquivo pessoal dos autores, 2021.

Ao término de cada diluição, houve o emplacamento de cada série diluída ($10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}$) com organização em triplicatas com volumes de 100 μ L e 1mL como apresentado na Figura 5 abaixo:

Figura 5: Emplacamento das amostras diluídas com volume de 100 μ L e 1mL



Fonte: Arquivo pessoal dos autores, 2021.

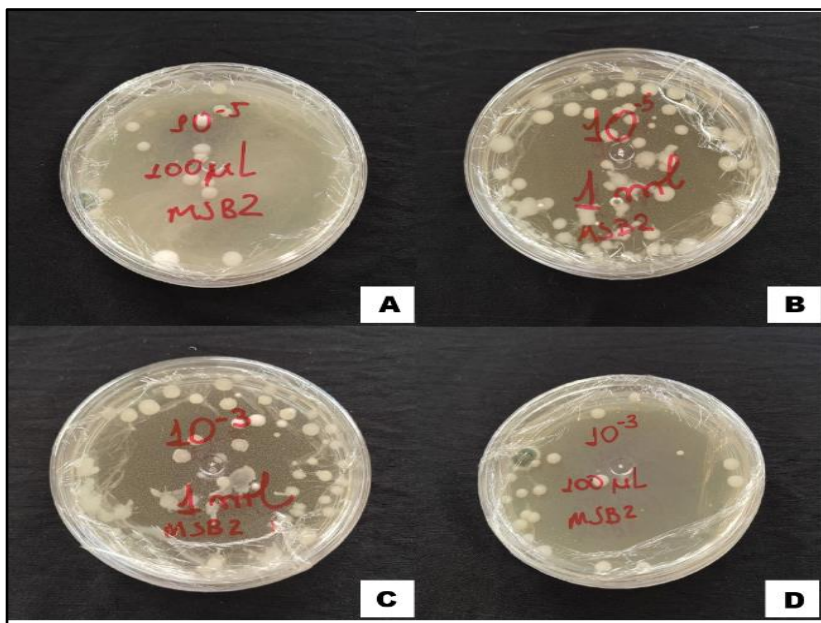
Os volumes escolhidos para serem inoculados nos meios foram necessários para análise do crescimento das leveduras por meio da confecção da curva obtida a partir da medida de densidade óptica a 600 nm, de acordo com De Sousa *et al.* (2020).

Caracterização morfológica

A caracterização morfológica vista macroscopicamente é apresentado na figura 6, estas por sua vez são aspectos de leveduras, que, baseado nas fotografias vistas no trabalho de Facco *et al.* (2016)

onde ele realizou estudos sobre leveduras, foram identificados a partir do 3º a 4º dia após a inoculação do material diluído nas placas.

Figura 6: isolados de leveduras identificados no mel de São Bento – MA



Legenda: Identificação de colônias em menor quantidade no volume de 100µL a 10^{-5} (A);

Identificação de colônias em maior quantidade no volume de 1ml a 10^{-5} (B);

Identificação de colônias em maior quantidade no volume de 1ml a 10^{-3} (C);

Identificação de colônias em menor quantidade no volume de 100µL a 10^{-3} (D);

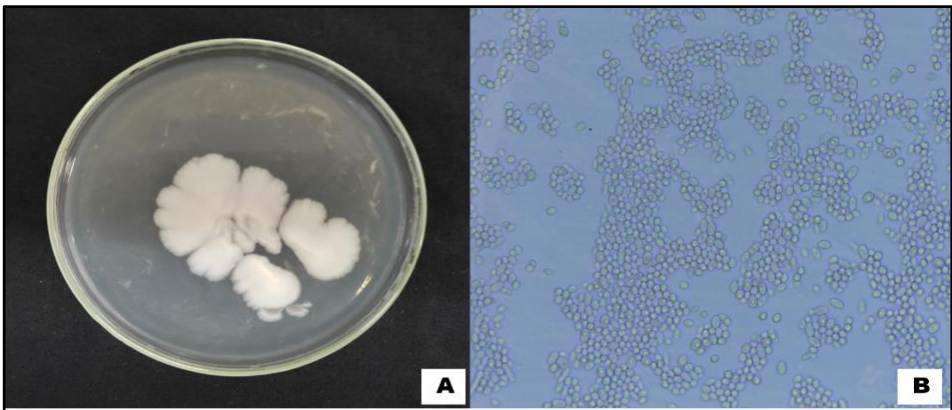
Fonte: Arquivo pessoal dos autores, 2021.

Algumas placas apresentaram contaminação por fungos que não são representativos para o objetivo do trabalho, porém, foi possível identificar, conforme a figura 6 (B e C), que a placa apresentou um aspecto em que se pode deduzir somente leveduras, em outras palavras, uma placa pura. Para comprovação de tal, foi

necessário realizar a repicagem (Figura 7 A) das placas que apresentaram essas possíveis leveduras para isolamento e futuros estudos moleculares e microscópicos.

Ao inocular volumes diferentes com níveis de diluições diferentes, observou-se o maior crescimento de colônias nos que tiveram 1mL (Figura 6) que iam decrescendo à medida que a série da diluição iria diminuindo, algo visto no trabalho de Facco *et al.* (2016) que fizeram estudos sobre leveduras, onde foram identificados a partir do 3º a 4º dia após a inoculação do material diluído nas placas.

Figura 7: Placa com repicagem e imagem vista por microscópio óptico da diluição 10^{-5} no volume 1mL



Legenda: Repicagem da levedura na inoculada da diluição 10^{-5} a 1mL(A); Vista do conteúdo inoculado na placa por microscopia óptica em escala de 50 μm (B);

Fonte: Arquivo pessoal dos autores, 2021.

As características Macroscópicas podem ser vistas na Figura 7 (A) acima, a forma colonial apresenta um formato específico. Foi possível observar o formato circular ou radiada com cor característico de branco a bege, apresentando uma consistência

cremosa e opaca a dura em algumas placas. O formato da borda nas colônias de maneira geral se apresentou com ondulações suaves.

As estruturas analisadas microscopicamente na figura 7 (B) se assemelham às encontradas no trabalho de Silva (2006), com as características de forma destacando um formato elipsoidal e globular. Devido às características morfológicas semelhantes encontradas neste trabalho, podemos sugerir que as leveduras fazem parte do gênero *Saccharomyces*. Outrossim, a afirmação dessa hipótese só será possível depois da realização de testes genéticos e moleculares.

CONCLUSÕES

As análises realizadas do mel da abelha tiúba apresentaram possíveis leveduras que se desenvolveram a partir do processo de diluição seriada, estas por sua vez, apresentaram formatos característicos com tonalidades de cores de brancas e beges. Realizando a comparação morfológica com outros trabalhos, sugere-se que podem fazer parte do gênero *Saccharomyces*, outrossim, para afirmação dessa confirmação desta hipótese será necessário a realização de pesquisas moleculares.

Contudo, os resultados já coletados podem ser promissores para concretização da produção de um produto derivado do mel, nesse sentido aplicação de bioprocessos, como a produção de hidromel, a partir do que já foi analisado possui grande potencial,

levando em conta as comparações feitas junto a trabalhos já divulgados sobre o assunto.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, T. M. M. **Isolamento e caracterização de leveduras de frutos da floresta amazônica**. Universidade Federal do Amazonas, 2014.

ANGILETTO, E. **Caracterização de leveduras para produção de sidra**. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia e Biociências. Florianópolis, 2013. 103 p.

ASHENAFI, B. M. A review on the microbiology of indigenous fermented foods and beverages of Ethiopia. **Ethiopian Journal of Biological Science**. p.189-245. 2006.

BAHIRU B.; MEHARI, T.; ASHENAFI, M. Chemical and nutritional properties of ‘tej’, an indigenous Ethiopian honey wine: variations within and between production units. **The Journal of Food Technology in Africa**, V6, p. 104, 2001.

BEZERRA, M. D. B. Beekeeping, an essential activity to the household economy of the humid tropics. In: Moura, E. G. **Agro environments of transition: from the humid tropics and semi-arid**, pp. 144 – 203, vol. 2, Universidade estadual do Maranhão, São Luís, 2002.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 11, DE 20 DE OUTUBRO DE 2000 O MINISTRO DE ESTADO, INTERINO, DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel. **Diário oficial da União**, outubro de 2000.

CAMPOLINA, G. A. **Elaboração de fermentos alcoólicos de jabuticaba conduzidos com leveduras livres e imobilizadas.** Dissertação – Mestrado em Ciências e tecnologia de alimentos. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, 2018.

DE MOURA, E. G. **Agroambientes de transição: entre o trópico úmido e o semi-árido do Brasil: atributos, alterações, uso na produção familiar.** IICA Biblioteca Venezuela, 2004.

DE SOUSA, B. F. S., AGUIAR, N. N., ALVES, L. M. C., & COSTA, M. C. P. Apis mellifera honey sanitary quality related to its form of collection. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, p. 79959-79972, 2020.

FACCO, L. N.; PIETROWSKI, G. A. M.; RIBEIRO, M. C. O.; ALMEIDA, D. M. **Caracterização morfológica e fisiológica de leveduras submetidas a preservação prolongada.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016.

FARIAS, M. G. **Potencial da produção de etanol por leveduras Amazônicas.** Monografia de Conclusão de Curso para obtenção do título de Engenheiro, Habilitação em Engenharia Química – Escola Superior de Tecnologia, Universidade do Estado do Amazonas, 2019.

FERNANDES, R. T., ROSA, I. G. AND CONTI-SILVA, A. C. Microbiological and physical-chemical characteristics of honeys from the bee *Melipona fasciculata* produced in two regions of Brazil. **Ciência Rural**, v. 48, n. 5, 2018.

FERNANDES, R. T.; ROSA, I.G.; CONTI-SILVA, A.C. Honey from Tiúba stingless bees (*Melipona fasciculata*) produced in different ecosystems: physical and sensory studies. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. 2020.

FERREIRA, C. M. **Caracterização de méis da Serra do Caramulo**. Aveiro: Departamento de Química, Universidade de Aveiro, 2008 (Dissertação de Mestrado em Química e Qualidade dos Alimentos).

GUPTA, J. K.; SHARMA, R. Production technology and quality characteristics of mead and fruit-honey wines: A review. **Natural Product Radiance**, v. 8, p. 345-355, 2009.

HOLANDA, et al. Qualidade dos méis produzidos por *Melipona fasciculata* Smith da região do cerrado maranhense. **Quím. Nova**. v. 35, p. 55-58, 2012.

KERR, W. E.; CARVALHO, G. A.; NASCIMENTO, V. A. **Abelha Uruçu: biologia, manejo e conservação**. Ed. Fundação Acangaú, Paracatu, MG. 144p. 1996.

MARTINS, M. B.; DE OLIVEIRA, T. G. **Amazônia Maranhense: diversidade e conservação**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2011.

MENDES-FERREIRA, A., et al., Optimization of honey-must preparation and alcoholic fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* for mead production. **International journal of food microbiology**, v. 144, n.1, p.193-198, 2010.

OLIVEIRA, G. E.; et al. Qualidade microbiológica do mel de Tiúba (*Melipona compressipes fasciculata*) produzido no Estado do Maranhão. **Revista: Higiene Alimentar**, v.19, p. 92-99, 2005.

PEREIRA, O. L. **Caracterização morfológica e molecular de fungos micorrízicos de sete espécies de orquídeas neotropicais**. Tese – Universidade Federal de Viçosa, 2001.

RODRIGUES, E. A. et al. Análise físico-química dos méis de abelhas *Apis mellifera* e *Melipona scutellaris* produzidos em regiões distintas no estado da Paraíba. **Ciência Rural**. v. 35, p. 1166-1171, 2005.

SAKSINCHAI, S. *et al.* A novel ascosporegenous yeast species, *Zygosaccharomyces siamensis*, and the sugar tolerant yeasts associated with raw honey collected in Thailand. **Fungal Diversity**, Vol. 52, Nº. 1, p.123-139. 2012.

SANTOS NETO, A. G. dos. *et al.* **Isolamento de Leveduras de Frutas Cítricas**.18ª Semana de Pesquisa da UNIT - SEMPESq. Resumo expandido, 2016.

SILVA, M.S., *et al.* Microorganisms in honey. **Honey Analysis**, Vol. 500. 2017.

SILVA, P.C. **Caracterização de linhagens industriais de *Saccharomyces cerevisiae* quanto a filamentação induzida por álcoois e deficiência de nutrientes**. Dissertação-Mestrado em Ciência e tecnologia de alimentos. Universidade de São Paulo, 2006.

SILVEIRA, F. A.; MELO, G. A. R.; ALMEIDA, E. A. B. **Abelhas brasileiras: sistemática e identificação**. Ed. 1, 253 p. Belo Horizonte, 2002.

SOUZA, B. A *et al.* Características físico-químicas de amostras de mel de *Melipona asilvai* (Hymenoptera: Apidae). **Ciência Rural**. 34:1623-1624. 2004.

OTIMIZAÇÃO DOS PROTOCOLOS DE EXTRAÇÃO E PCR DO DNA DE *Melipona fasciculata* VISANDO A UTILIZAÇÃO EM ANÁLISES MOLECULARES

Gabriel Garcês Santos¹

José de Ribamar Silva Barros²

Rômulo Nunes Sousa³

Thailson de Jesus Silva⁴

Luis Alberto Rocha Rodrigues Junior⁵

André de Sena Rodrigues⁶

Hélen Clarice Chaves Costa⁷

INTRODUÇÃO

Os meliponíneos, popularmente conhecidos como abelhas sem ferrão, assumem um papel importante nos ecossistemas por meio da polinização (MORGADO *et al.*, 2002). Estão agrupados na Classe Insecta, Ordem Hymenoptera, Superfamília Apoidea, Família Apidae, Subfamília Meliponinae, existindo duas tribos: Meliponini e Trigonini. Os meliponíneos estão representados em todas as regiões tropicais do mundo, como nas regiões subtropicais do hemisfério sul (KERR, 1998; SOUZA *et al.*, 2008).

¹ Mestrando em Genética, Conservação e Biologia Evolutiva pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA.

² Professor Adjunto IV do Departamento de Biologia. CECEN/UEMA.

³ Graduando do curso de Ciências Biológicas Licenciatura na Universidade Estadual do Maranhão – UEMA; Bolsista PIBIC/FAPEMA.

⁴ Graduando do curso de Agronomia na Universidade Estadual do Maranhão – UEMA; Bolsista PIBIC/FAPEMA.

⁵ Graduando do curso de Agronomia na Universidade Estadual do Maranhão – UEMA; Bolsista PIBITI/CNPq.

⁶ Graduando do curso de Agronomia na Universidade Estadual do Maranhão – UEMA; Bolsista PIBEX/UEMA.

⁷ Graduanda do curso de Medicina Veterinária na Universidade Estadual do Maranhão – UEMA.

A Tribo Meliponini possui o gênero *Melipona*. Nesse gênero está presente a *Melipona fasciculata* Smith, conhecida popularmente como Tiúba, que se destaca como uma espécie promissora para a produção de mel. O mel da Tiúba é apreciado na região de ocorrência dessa abelha, o que eleva o preço do produto em relação ao mel da *Apis mellifera* (OLIVEIRA; SANTOS, 2011; HOLANDA *et al.*, 2012; FERNANDES; ROSA; CONTI-SILVA, 2020).

A Tiúba é uma espécie criada com sucesso por centenas de criadores tradicionais em sua área de ocorrência, sendo mais popular nos estados do Pará e Maranhão (nordeste da Região Amazônica) (VENTURIERI, 2015), encontradas principalmente nos mangues, devido à presença de árvores ocas (YAMAMOTO; OLIVEIRA; GAGLIANONE, 2014).

O município de Santo do Maranhão, pertencente a região dos Lençóis Maranhenses, é um dos 18 municípios do Maranhão que faz parte do ranking dos municípios com maior percentual de extremamente pobres, superior ou igual a 50,0% de seus habitantes, ocupando a 204ª posição entre os 217 municípios maranhenses, em relação ao Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) (IBGE, 2012). Segundo o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) em 2000, o Índice foi de 0,512.

A flora dos Lençóis Maranhenses tem componentes de outras formações vegetais como *Protium heptaphyllum* (Aubl) de origem Amazônica e que chegou à Mata Atlântica através do Nordeste,

Humiria balsamifera (Aubl), o Mirim, tem ampla ocorrência na Amazônia, nas campinas arenosas (IBAMA, 2003). Devido as características de vegetação e clima do município a meliponicultura se encaixa como uma atividade viável no desenvolvimento local de Santo Amaro, além de garantir a soberania alimentar. No ano de 2012, uma professora da Universidade Estadual do Maranhão, teve seu mel produzido na região do Munim, durante a florada do Mirim (*Humiria balsamifera*), como o melhor mel de abelhas sem ferrão, devido suas características organolépticas, no 19º Congresso Brasileiro de Apicultura (Conbrapi), em Gramado – RS.

Devido às constantes ações de desmatamento e uso indiscriminado de agrotóxicos que tendem a diminuir as populações de abelhas, a meliponicultura tem se tornado crucial, não só para a conservação das espécies, como também fonte de renda para os agricultores com menor poder aquisitivo (CÂMARA *et al.*, 2004; SILVA *et al.*, 2014). Para que a conservação das espécies de abelhas-sem-ferrão seja efetivada, alguns temas se tornam essenciais nas abordagens. Desses, podem-se citar a morfofisiologia, comportamento, estudos genéticos e taxonomia (SILVA, 2018).

Em consequência aos avanços nos campos da biologia molecular, bioinformática e estatística, ferramentas avançadas vêm sendo desenvolvidas e disponibilizadas no meio científico, aumentou-se a confiabilidade dos estudos genéticos, principalmente em termos de utilização dos marcadores moleculares (SILVA, 2018).

Os marcadores moleculares vêm sendo empregados como uma importante ferramenta na conservação de espécies selvagens e/ou de interesse econômico por fornecerem dados importantes aos estudos populacionais, como: estimativas referentes ao grau de variabilidade genética, grau de endogamia, diferenças entre populações, fluxo gênico entre populações, determinação do tamanho efetivo da população, dentre outros (SILVA *et al.*, 2014).

Dentro dessa perspectiva, há marcadores que têm se destacado em estudos com abelhas, como por exemplo os marcadores de origem mitocondrial (SILVA, 2018). É comum a utilização desse marcador para estudos filogenéticos e filogeográficos, de forma a solucionar, inclusive, problemas referentes ao aspecto taxonômico, pois em sua maioria são marcadores de caráter semiconservativo (SILVA, 2018).

O estudo genético da biologia de populações deve estar concentrado no uso de marcadores haplóides e/ou codominantes, pois eles fornecem dados mais robustos para as análises quando comparados a marcadores dominantes, que possuem desvantagens técnicas e analíticas. O DNA mitocondrial (mtDNA) é um marcador molecular que se enquadra nessas categorias (FRANCISCO, 2002).

O emprego do mtDNA em estudos populacionais e evolutivos se vale principalmente do fato dele possuir uma alta taxa de substituições de base, apresentar alterações no tamanho total da

molécula devido a inserções e deleções, principalmente na região rica em A+T (ARIAS *et al.*, 2003).

Dentre os genes mitocondriais codificadores de proteínas, o Citocromo Oxidase I (COI) possui a menor taxa de evolução, sendo muito conservado em relação à evolução dos aminoácidos (SIMON *et al.*, 1994). No entanto, mostra variação suficiente para diferenciação entre as espécies a nível nucleotídeo (WAUGH, 2007). Em termos de sequência de aminoácidos, a região ND2 é o terceiro gene mais variável, atrás apenas da ATPase 8 e ND6, que são curtos e, portanto, são mais difíceis de amplificar e sequenciar, além de fornecerem relativamente menos informações que a região ND2 que é mais longa (SORENSEN, 2003).

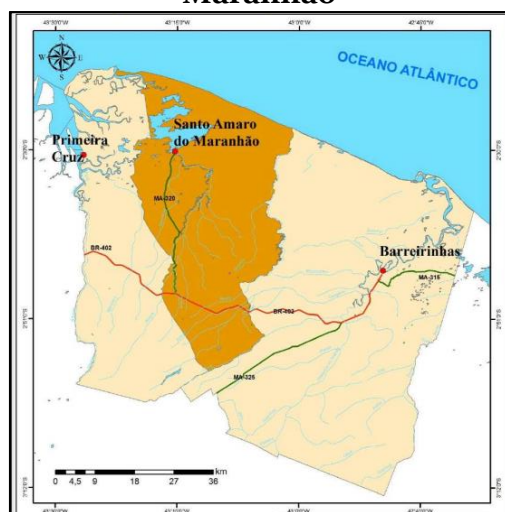
Diante disso, a necessidade de estudos da diversidade genética baseada no mtDNA é muito importante para criar um programa afim de conservar as populações dessa abelha, sendo crucial para os meliponicultores, gerando maior expectativa econômica, social, e, conseqüentemente, preservando a biodiversidade e os recursos naturais necessários ao desenvolvimento, além de em possíveis trabalhos futuros realizar o melhoramento genético. O trabalho teve como objetivo o estudo da *M. fasciculata* através da análise da diversidade genética, por meio da análise do mtDNA de colmeias oriundas da região dos Lençóis Maranhenses.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostragem

O material para extração foi proveniente de coleta realizada na região dos Lençóis Maranhenses, do município de Santo Amaro (2° 30' 00" S, 43° 15' 14" O). Foi realizada uma coleta, onde foram amostradas 30 abelhas *Tiúba*, de colmeias escolhidas aleatoriamente, existentes no meliponário do povoado de Satuba (2° 40' 05" S, 43° 13' 20" O), em Santo Amaro (Figura 1). As abelhas foram colocadas em tubo Falcon com álcool 70 % e armazenadas em freezer - 20° no Laboratório de Genética e Biologia Molecular Warwick Estevam Kerr – LABWICK/DBIO/CECEN/UEMA.

Figura 1. Localização do município de Santo Amaro do Maranhão



Fonte: IBGE; IMESC (2016).

Extração e quantificação do DNA

A extração do material genético de DNA genômico das abelhas foi baseada na metodologia adaptada da técnica descrita por Sambrook *et al.*, (1989) de Fenol- Clorofórmio, onde o DNA genômico foi obtido a partir do mesossoma das abelhas coletadas, eliminando-se as asas, cabeça e metassoma, utilizando-se 1 (um) tórax de *M. fasciculata* (Figura 2). De acordo com Francisco (2002), as cabeças são retiradas para evitar contaminação das extrações com produtos glandulares e com os pigmentos dos olhos, pois tais contaminantes poderiam interferir no processo de digestão do DNA e na reação de PCR. O tórax das abelhas foi macerado utilizando-se Nitrogênio líquido, para facilitar a extração.

Figura 2. Abelha Tiúba (*M. fasciculata* Smith)



Fonte: CARDOSO (2019).

O protocolo de extração consistiu em: Colocar 1 (um) tórax de *M. fasciculata* macerado em microtubo de 2,5 ml; Adicionar 600 µl de tampão de lise (Tris-1M pH 8, EDTA-1M pH 8, NaCl-5M e H₂O destilada) + Proteinase K; Agitar no Vortex por 15 segundos; Incubar overnight a 37°C, ou deixar 2 horas em banho Maria a 55°C; Deixar esfriar em temperatura ambiente; Adicionar 600 µL de fenol:clorofórmio:álcool isoamílico (25:24:1); Agitar os microtubos no Vortex por 15 segundos; Centrifugar por 10 minutos a 4000 rpm; Transferir o sobrenadante para um novo microtubo; Adicionar 1/2 volume de Fenol (300 µl) + 1/2 volume de Clorofórmio (300 µl); Agitar os microtubos no Vortex por 15 segundos; Centrifugar por 10 minutos a 4000 rpm; Transferir o sobrenadante para outro microtubo. Adicionar 100 µl de acetato de sódio (3M, pH 4.8) e agitar os microtubos no Vortex por 15 segundos; Adicionar 600 µl de isopropanol) para precipitar o DNA; Agitar levemente até visualizar a nuvem de DNA; Descartar cuidadosamente o sobrenadante para não perder o pellet; Secar o material colocando os microtubos em estufa a 37°C, tendo o cuidado para não secar muito; Dissolver em água estéril (20 µl) para pellet pequeno e 50 µl para pellet maior; Incubar a 37°C por no mínimo 2h.

Após a extração de DNA, o material genético foi quantificado e determinada sua pureza em espectrofotômetro UV/Vis Biodrop µLite. Para a quantificação foi utilizado 1 µl do material extraído. As amostras que estavam muito acima do valor de 50 ng/µl foram

diluídas para essa concentração (50 ng/ μ l) com água estéril, utilizando a fórmula $C_1.V_1 = C_2.V_2$. Onde:

C = concentração;

V = volume;

1 = dados da solução estoque

2 = dados da nova solução

Reação em cadeia da polimerase (PCR) e eletroforese

O material genético extraído, quantificado e diluído foi submetido à técnica de PCR (Reação em Cadeia da Polimerase - “*Polymerase Chain Reaction*”) segundo a metodologia utilizada por Mullis e Faloona (1987) e Saiki *et al.*, (1985); para a amplificação das regiões específicas do mtDNA. Todas as reações foram montadas com volume final de 25 μ l para cada amostra, com os seguintes reagentes: 5 X PCR Buffer (5 μ l); 10 mM dNTP (0,8 μ l), 25 mM MgCl₂ (2,0 μ l), 10 μ M cada Primer (2,0 μ l), DNA 50 ng/ μ l (1 μ l), Taq DNA polymerase 5 U/ μ l (0,2 μ l) e H₂O ultra pura na quantidade suficiente para completar o volume final. Todos os reagentes utilizados na PCR foram da marca Promega. O preparo das reações de PCR foi realizado em câmara de fluxo laminar, deixando os materiais utilizados (ponteiras, pipetas, microtubos e suporte) na luz UV por 10 minutos para a esterilização (Figura 6).

Foram utilizados dois pares de primers nas reações de amplificação via PCR. As sequências e referências bibliográficas de

cada primer (Tabela 1), assim como as condições específicas de PCR (Polymerase Chain Reaction), são apresentadas à seguir.

Tabela 1. Sequência de Primers utilizados.

| Região | Primer | Sequência | Referência |
|--------|--------|------------------------------|------------|
| | | 5' | |
| | | GGAGGATTTGGAAATTGATTAGTTCC | |
| | F | 3' | Bonatti, |
| | | | 2012 |
| | | 5' | |
| COI | | CCCGGTAAAATTTAAAATATAAACTTCC | |
| | R | 3' | |
| | F | 5' TGAATTATTTACGAATTTTC 3' | Silvestre, |
| ND2 | | | 2002 |
| | R | 5' ATAAATCTGGTTATTAAAGG 3' | |

Fonte: elaborado pelo autor.

As ampliações foram realizadas em termociclador Veriti™ 96-Well Fast Thermal Cycler (Applied Biosystems). As condições de amplificação utilizadas para este trabalho foram: desnaturação inicial por 4 minutos a 94 °C, seguida por 35 ciclos de: desnaturação a 92 °C por 2 minutos; anelamento [42 °C para região ND2 e 57 °C para região COI] por 1 minuto e 50 segundos e alongação a 72 °C por 2 minutos;

Extensão extra de 72 °C a 7 minutos e deixado à 4 °C até ser retirado do equipamento.

A análise da qualidade dos produtos da amplificação e extração de DNA foram submetidos a eletroforese em gel de agarose 1.0% para 50 ml de TBE 1X. Foi utilizado o Ladder loading dye (100 bp) como marcador de peso molecular. A visualização do gel foi realizada em fotodocumentador/transiluminador UV L-PIX TOUCH que permite a visualização do DNA corado com brometo de etídio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A extração do material genético da abelha Tiúba (*M. fasciculata*) foi realizada com sucesso utilizando-se o protocolo proposto por Sambrook *et al.* (1989), tendo sofrido algumas alterações. Dentre as alterações feitas, a utilização de 600 µL de fenol:clorofórmio:álcool isoamílico (25:24:1) em vez de Fenol (300 µl) + Clorofórmio (300 µl) durante a segunda etapa de purificação foi fundamental para a obtenção de DNA com melhor pureza e integridade do material genético. Outra alteração no protocolo de extração foi a utilização do nitrogênio líquido para a maceração dos tórax das abelhas. Vários trabalhos já foram realizados utilizando nitrogênio líquido para se obter melhor maceração e DNA em quantidades satisfatórias. Abreu *et al.*, (2017) utilizou nitrogênio líquido para maceração de folhas de Sisal (*Agave sisalana* Perrine), onde obteve DNA em concentrações satisfatórias e de alta qualidade,

o nitrogênio líquido ainda propiciou a redução de força física para a maceração e presença de compostos indesejados. Dalbosco *et al.*, (2015) em trabalhos com Orquidaceae, realizando a maceração com nitrogênio líquido, obteve uma boa qualidade de banda de DNA ao visualizar em gel de agarose. A adição de nitrogênio líquido na etapa de maceração para extração de DNA influencia no aumento de DNA extraído (LIMA *et al.*, 2020).

Outro teste realizado para otimização do protocolo de extração foi a utilização de diferentes tampões de lise e concentrações do mesmo. Todos os testes foram realizados com amostras da abelha *Tiúba* oriundas do mesmo local e da mesma coleta. O tampão baseado no detergente CTAB foi utilizado, porém não obteve-se concentrações de DNA tão diferentes do proposto por Sambrook *et al.*, (1989), baseado em NaCl. Além disso, com o tampão baseado em NaCl obteve-se melhor pureza do que o baseado em CTAB. Logo, optou-se por utilizar o tampão proposto pelo criador do protocolo. Em vários trabalhos com abelhas do gênero *Melipona* optou-se por utilizar o protocolo de Fenol:Clorofórmio, já que obtêm-se DNA em concentrações satisfatórias e de alta qualidade (CAESAR *et al.*, 2019; NEGREIROS, 2019; SAYUSTI *et al.*, 2021; SILVA, 2018).

A primeira etapa para a análise genética e sua posterior manipulação de qualquer organismo, consiste na extração de DNA, que é o primeiro passo para utilizá-lo em técnicas moleculares.

Ademais, para que as etapas subsequentes do estudo molecular obtenham êxito, o principal requisito que deve existir refere-se à qualidade do material extraído (MOTA; PASSOS; SANTOS, 2018). Por conta disso, existem diferentes protocolos de extração de DNA que variam em função da espécie e do tecido a ser utilizado, além da possibilidade da realização de ajustes nesses protocolos, visando uma otimização dos mesmos, e uma melhor adequação ao experimento (COSTA; MOURA, 2001; MOTA; PASSOS; SANTOS, 2018).

As concentrações de DNA nas amostras variaram de 55,0 a 715,0 ng/μl (Tabela 2). Segundo Junior *et al.*, (2017), a concentração de 25 ng/μl de DNA é considerada o mínimo necessário para a Reação em Cadeia da Polimerase (PCR). Levando-se em consideração que o objetivo de uma extração é conseguir uma amostra de DNA de boa qualidade para o processo de PCR, no estudo, obteve-se como menor concentração 55 ng/μl, sendo uma concentração adequada para a PCR, já que para o preparo das reações de PCR foi necessário 50 ng/μl de DNA genômico extraído. Todas as amostras foram diluídas para 50 ng/μl para utilização na PCR. Segundo Faleiro *et al.*, (1996) e Murray e Thompson (1980), amostras de DNA com baixa concentração não inviabilizam a reprodutibilidade nas reações de PCR, contudo, podem dificultar o balanceamento do mix de reação. A baixa concentração de DNA resulta ainda, em amplificação errática ou não amplificação de certos fragmentos com perfis de eletroforese não reproduzíveis (HARBONE *et al.*, 1991; DEMEK; ADAMS *et al.*,

1992; FERREIRA; GRATTAPAGLIA, 1998; QUEIROZ *et al.*, 2002; VITAL *et al.* 2004).

A pureza do DNA extraído (Tabela 2) variou de 1,269 a 3,000 para a razão 260/230 (contaminação das amostras por compostos orgânicos) e de 1,458 a 2,062 para a razão 260/280 (contaminação das amostras por proteínas ou reagentes químicos).

Tabela 2. Quantificação do DNA extraído de tórax das 30 amostras de *M. fasciculata*; Razão 260/230, fração entre A260nm e A230nm.; Razão 260/280, fração entre A260nm e A280nm. Na identificação das amostras o “S1” equivale a Santo Amaro; “MF” equivale a *Melipona fasciculata*.

| Identificação | Concentração de DNA (ng/μl) | Pureza | |
|---------------|-----------------------------|---------|---------|
| | | 260/230 | 260/280 |
| S1MF1 | 105,0 | 3,000 | 1,544 |
| S1MF2 | 83,0 | 2,845 | 1,566 |
| S1MF3 | 165,0 | 2,946 | 1,684 |
| S1MF4 | 208,0 | 2,701 | 1,677 |
| S1MF5 | 175,0 | 1,451 | 1,825 |
| S1MF6 | 247,0 | 1,636 | 1,764 |
| S1MF7 | 190,0 | 2,021 | 1,743 |
| S1MF8 | 103,0 | 1,661 | 1,661 |
| S1MF9 | 306,0 | 2,110 | 1,866 |
| S1MF10 | 365,0 | 2,028 | 1,780 |
| S1MF11 | 278,0 | 2,075 | 1,853 |
| S1MF12 | 223,0 | 2,009 | 1,729 |
| S1MF13 | 284,0 | 1,832 | 1,764 |

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE,
ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

| | | | |
|--------|-------|-------|-------|
| SiMF14 | 138,0 | 1,944 | 1,840 |
| SiMF15 | 249,0 | 1,915 | 1,729 |
| SiMF16 | 253,0 | 2,008 | 1,794 |
| SiMF17 | 265,0 | 1,587 | 1,767 |
| SiMF18 | 253,0 | 1,931 | 1,807 |
| SiMF19 | 448,0 | 1,479 | 1,617 |
| SiMF20 | 182,0 | 1,655 | 1,569 |
| SiMF21 | 135,0 | 1,731 | 1,570 |
| SiMF22 | 140,0 | 1,269 | 1,458 |
| SiMF23 | 88,0 | 1,467 | 1,544 |
| SiMF24 | 339,0 | 1,654 | 1,493 |
| SiMF25 | 267,0 | 1,589 | 1,508 |

(Conclusão)

| | | | |
|--------|-------|-------|-------|
| SiMF26 | 639,0 | 2,266 | 2,029 |
| SiMF27 | 284,0 | 2,427 | 2,058 |
| SiMF28 | 497,0 | 2,389 | 2,062 |
| SiMF29 | 715,0 | 2,483 | 2,061 |
| SiMF30 | 55,0 | 2,667 | 2,032 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com Santos *et al.*, (2021) o valor referencial de um DNA puro apresenta valores de DO₂₆₀/DO₂₈₀ (densidade óptica) de 1,8 a 2,0. Onde razões inferiores a 1,8 indicam possível contaminação por proteínas e razões maiores que 2,0 indicam possível contaminação por fenóis para a relação 260/280. Foi possível

observar que a grande maioria das amostras apresentou pureza dentro do estabelecido ou muito próxima, caracterizando que o DNA estava adequado para ser utilizado nas etapas seguintes.

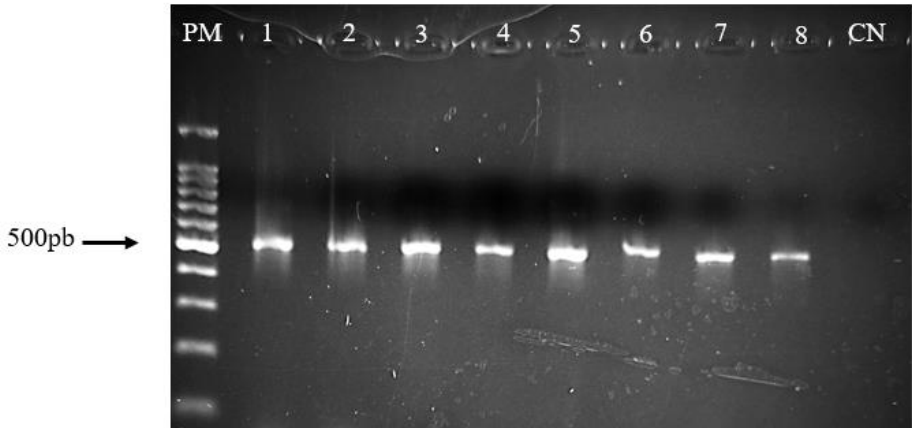
O emprego de métodos alternativos para a extração de DNA, que sejam de baixo custo, rápidos e produzam amostras quanti e qualitativamente suficientes, possibilitam a realização de diversos estudos de diversidade e/ou divergência genética, incluindo a variedade de marcadores moleculares obtidos por amplificação por meio da técnica da Reação em Cadeia da Polimerase (PCR, Polymerase Chain Reaction) (DOS SANTOS; ARAUJO, 2017).

Inicialmente, com as condições de ciclagem de PCR estabelecidas no plano, não obteve-se êxito na amplificação das regiões do mtDNA. Por meio de revisão bibliográfica foi identificado um outro protocolo com condições de amplificação diferentes, funcional tanto para COI como para ND2. As condições de ciclagem dos iniciadores foram: desnaturação a 92°C por 4 minutos, seguida de 35 ciclos (92°C por 2 minutos, [42 °C para região ND2 e 57 °C para região COI] por 1,5 minutos, 72°C por 2 minutos), extensão final a 72°C por 7 minutos e deixado à 4 °C até ser retirado do equipamento (KNACKFUSS *et al.*, 2013).

Após a realização da PCR com as novas condições de ciclagem houve a amplificação das regiões COI e ND2 do mtDNA. Por comparação com o padrão de tamanho molecular 100 bp DNA Ladder, estimou-se o tamanho da região COI amplificada em

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE,
ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
aproximadamente 500 pb (Figura 8) e da região ND2 amplificada em
aproximadamente 350 pb (Figura 9).

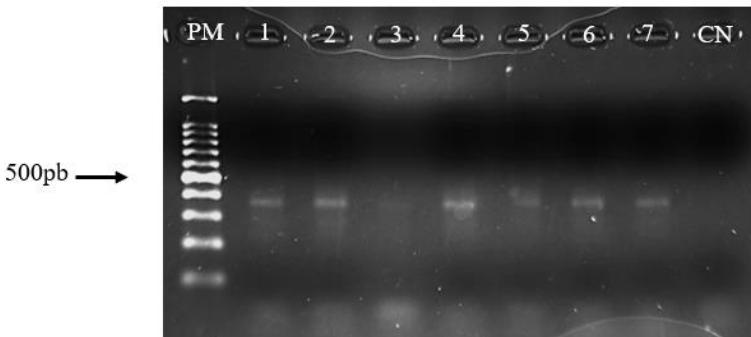
Figura 8. Gel de agarose para confirmação da amplificação da região COI do mtDNA de Tiúba (*M. fasciculata* Smith) após PCR.



Canaletas: PM – Peso molecular 100pb; 1 a 8 – Região COI amplificada.; CN – Controle negativo (reagentes da PCR sem DNA)

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 9. Gel de agarose para confirmação da amplificação da região ND2 do mtDNA de Tiúba (*M. fasciculata* Smith) após PCR.



Fonte: elaborado pelo autor.

Esse fragmento da região COI é constantemente utilizado em estudo de variabilidade populacional em Hymenoptera, especialmente em abelhas do gênero *Apis* (GARNERY *et al.*, 1993; FRANCK *et al.*, 2000) e em abelhas sem ferrão (FRANCISCO *et al.*, 2001; FERNANDES-SALOMÃO *et al.*, 2002; WEINLICH *et al.*, 2004; MORETTO; ARIAS, 2005; ASSIS, 2010).

Vários autores ao utilizaram os mesmos primers utilizados nesse trabalho para amplificação de fragmentos da região COI, obtiveram fragmentos de aproximadamente 500 pb, corroborando com os resultados desse trabalho (AMINI; HOSSEINI, 2016; ARAÚJO *et al.*, 2018; BARCENAS, 2005; GONÇALVES, 2010; PONCIO, 2008).

Os primers utilizados nesse trabalho para amplificação da região ND2 foram eficientes, visto que após a PCR foi possível observar a presença de fragmentos amplificados no gel de agarose. Dados de sequenciamento do DNA mitocondrial de outras espécies do gênero *Melipona*, encontrados na literatura, demonstram que o tamanho total da região ND2 possui cerca de 939 pb (SILVESTRE; DOWTON; ARIAS, 2008).

Mata (2005) ao estudar o gene mitocondrial NADH desidrogenase subunidade 2 (ND2) em espécies não-andinas de *Scytalopus* obteve amplificação de fragmentos com 500 pb, valor próximo ao encontrado no presente trabalho. Diversos autores ao tentarem amplificar fragmentos da região ND2 do mtDNA de abelhas

do gênero *Melipona* obtiveram êxito utilizando diferentes primers (BRITO *et al.*, 2008; MORESCO, 2009; SILVESTRE; DOWTON; ARIAS, 2008; PEREIRA *et al.*, 2019).

CONCLUSÃO

O protocolo de extração baseado em Fenol-Clorofórmio otimizado foi eficiente para a extração do DNA genômico da abelha Tiúba (*Melipona fasciculata* Smith), obtendo resultados satisfatórios de concentração e pureza do DNA. A otimização da técnica de PCR para amplificação das regiões COI e ND2 do mtDNA de *Melipona fasciculata* foi eficiente.

REFERÊNCIAS

ABREU, S. P. A.; PASSOS, A. R.; SANTOS, R. M. F.; CARNEIRO, J. L. S. Quantificação e otimização de DNA em diferentes composições de Sisal (*Agave sisalana* Perrine). In: XXII Seminário de Iniciação Científica, n. 21, 2017, Bahia. **Anais...** Feira de Santana: UEFS, 2017.

AMINI, S.; HOSSEINI, R. A multiplex polymerase chain reaction based method for rapid identification of two species of the genus *Scolytus Geoffroy* (Col: Curculionidae: Scolytinae) in Iran, **Journal of Entomological and Acarological Research**, v. 48, n. 1, p. 11-15, 2016.

ARAÚJO, M. X.; ARAGÃO, M.; CORDEIRO, D.; BRAVO, F.; CARVALHO, C. J. B. de; ANDENA, S. R. Male and female association in *Trichomyia* Haliday in Curtis, 1839 using a molecular approach (Diptera, Psychodidae, Trichomyiinae), and description of new species from Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 62, p. 283-287, 2018.

ARIAS, M. C.; FRANCISCO, F. O.; SILVESTRE, D. O. DNA Mitocondrial em estudos populacionais e evolutivos de meliponíneos. In: Melo, G. A. R.; Alves-dos-Santos, I. **Apoidea Neotrópica: Homenagem aos 90 Anos de Jesus Santiago Moure**. Editora UNESC, Criciúma, SC, pp. 205-309, 2003.

ASSIS, A. F. **Estudo populacional e molecular de *Nannotrigona testaceicornis* Cockerell (Hymenoptera, Apidae, meliponini) através do DNA mitocondrial**. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, SP, 2010.

BARCENAS, N. M.; UNRUH, T. R.; NEVEN, L. G. DNA Diagnostics to Identify Internal Feeders (Lepidoptera: Tortricidae) of Pome Fruits of Quarantine Importance. **J. Econ. Entomol.**, v. 98, n. 2, p. 299-306, 2005.

BONATTI, V. **Caracterização genético-morfológica de populações de *Melipona subnitida* (Apidae, Meliponini) no nordeste brasileiro**. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/USP, Departamento de Genética, Ribeirão Preto, 2012.

BRITO, R. M.; FRANCISOC, F. de O.; MORETTO, G.; ARIAS, M. C. Biodiversidade de Meliponíneos: Contribuição da Biologia Molecular. In: VIII Encontro sobre Abelhas: Biodiversidade e Uso Sustentado de Abelhas, n. 8, 2008, São Paulo. **Anais...** Ribeirão Preto: FUNPEC Editora, 2008.

CAESAR, L.; CIBULSKI, S. P.; CANAL, C. W.; BLOCHTEIN, B.; SATTTLER, A.; HAAG, K. L. The virome of an endangered stingless bee suffering from annual mortality in southern Brazil. **Journal of General Virology**, v. 100, p. 1153-1164, 2019.

CÂMARA, J. Q.; SOUSA, A. H. de; VASCONCELOS, W. E. de; FREITAS, R. da S.; MAIA, P. H. da S.; ALMEIDA, J. C. de; MARACAJÁ,

P. B. Estudos de meliponíneos, com ênfase a *Melipona subnitida* D. no município de Jandaíra, RN. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 4, n. 1, p. 20, 2004.

COSTA, M. R.; MOURA, E. F. **Manual de extração de DNA**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 24p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 89).

CRISTIANO, M. P. **Variabilidade genética e filogeografia da espécie ameaçada de extinção *Melipona capixaba* Moure & Camargo (Hymenoptera: Apidae)**. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento, Viçosa, 2009.

DALBOSCO, E. Z.; SILVA, C. G.; MELHORANÇA, E. A. L.; MIRANDA, A. F. SILVA, C. A. Otimização do protocolo para extração de DNA genômico de *Epidendrum viviparum* Lindl. (Orchidaceae). **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.11 n.21; p. 3236, 2015.

DEMEK, T.; ADAMS, R. P. The effects of plant polysaccharides and buffer additives on PCR. **Biotechnology**, v. 12, n. 3, p. 333-334, 1992.

DOS SANTOS, E. M.; ARAUJO, R. R. Testes de comparação de protocolos de extração de DNA e de maceração de tecido de *Platonia insignis* Mart. (Clusiaceae). **R. bras. Bioci.**, Porto Alegre, v. 15, n. 4, p. 199-202, out./dez. 2017.

FALEIRO, F. G.; BARROS, E. G.; VILARINHOS, A. D.; CORRÊA, R. X.; PAULA JÚNIOR. T. J.; MOREIRA, M. A. Otimização da extração de DNA de esporos de *Uromyces appendiculatus*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 21, n. 2, p. 304-307, 1996.

FERNANDES, R. T.; ROSA, I. G.; CONTI-SILVA, A. C. Honey from Tiúba stingless bees (*Melipona fasciculata*) produced in different

ecosystems: physical and sensory studies. **J. Sci. Food. Agric.**, v. 100, p. 3748-3754, 2020.

FERNANDES-SALOMÃO, T. M.; MURO-ABAD, J. I.; CAMPOS, L. A. O.; ARAÚJO, E. F. Mitochondrial and nuclear DNA characterization in the *Melipona* species (Hymenoptera, Meliponini) by RFLP analysis. **Hereditas**, v. 137, p. 229-233, 2002.

FERREIRA, M. E.; GRATTAPAGLIA, D. **Introdução ao Uso de Marcadores Moleculares em Análise Genética**. 3. ed. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 220 p. 1998.

FRANCISCO, F. O. **Diversidade Genética de Populações da Abelha sem Ferrão Plebeia remota: Análise do DNA Mitocondrial e Microsatélites**. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, SP, 140 p. 2002.

FRANCISCO, F. O.; SILVESTRE, D.; ARIAS, M. C. Mitochondrial DNA characterization of five of Plebeia (Apidae: Meliponinae): RFLP and restriction maps. **Apidologie**, v. 32, p. 323-332, 2001.

FRANCK, P.; GARNERY, L.; CELEBRANO, G.; SOLIGNAC, M.; CORNUET, J. M. Hybrid origins of honeybees from Italy (*Apis mellifera ligustica*) and Sicily (*A. m. sicula*). **Molecular Ecology**, v. 9, p. 907-921, 2000.

GARNERY, L.; SOLIGNAC, M.; CELEBRANO, G.; CORNUET, J-M. A simple test using restriction PCR-amplified mitochondrial DNA to study the population structure of *Apis mellifera*. **Experientia**, v. 49, p. 1016-1021, 1993.

GONÇALVES, P. H. P. **Análise da variabilidade genética de uma pequena população de *Frieseomelitta varia* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini) por meio de análise do DNA mitocondrial, microsatélites e morfometria geométrica das asas**. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Biociências da Universidade

de São Paulo, Departamento de Genética e Biologia Evolutiva, São Paulo, 2010.

HARBONE, J. B.; PALO, R. T.; ROBBINS, C. T. **Plant defenses against mammalian herbivore**. Boca Raton: CRC Press LLC, 192p. 1991.

HEBERT, P. D. N.; CYWINSKA, A.; BALL, S. L.; DE WAARD, J. R. Biological identifications through DNA barcodes. **Proc. R. Soc. B.**, v. 270, p. 313-322, 2003.

HOLANDA, C. A.; OLIVEIRA, A. R.; COSTA, M. C. P.; RIBEIRO, M. N. S.; SOUZA, J. L.; ARAÚJO, M. J. A. M. Quality of honey produced by *Melipona fasciculata* Smith of cerrado region from Maranhão state Brazil. **Quím. Nova**, v. 35, p. 55-58, 2012.

IBAMA. **Plano de Manejo do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses**. Ministério do Meio Ambiente, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis. São Luís, MA. 499 p. 2003.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

JUNIOR, E. M.; CARVALHO, R. D.; LORENZONI, R. M.; SOARES, T. C. B. Avaliação de métodos de preservação de tecido foliar de fumo para obtenção de dna para estudos moleculares. In: XXI Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VII Encontro de Iniciação à Docência. **Anais...** Vale do Paraíba: UNIVAP, 2017.

KERR, W. E. **As Abelhas e o Meio Ambiente**. XII Congresso Brasileiro de Apicultura, Salvador, BA, pp. 1-8, 1998.

KNACKFUSS, F. B.; PAES, R. de C. da S.; MENEZES, A. N. de; HERREIRA, H. M.; PIOVEZAN, U.; BONVICINO, C. R. Análise

Filogenética entre Suínos Asselvajados no Pantanal e Comerciais (*Sus scrofa*, Artiodactyla: Suidae). **Bol. Soc. Bras. Mastozool.**, v. 67, p. 39-45, 2013.

LIMA, L. O.; SILVA, M. R.; MAGALHÃES, L. O.; MORAIS, G. C.; SILVA, R. N. O. Comparação de protocolos de extração de DNA genômico de *Capsicum* spp. **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 6, n. 5, p.26419-26434, may. 2020.

MATA, H. **História evolutiva das espécies não-andinas de *Scytalopus inferida* através da variabilidade no DNA mitocondrial**. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, Departamento de Genética e Biologia Evolutiva, São Paulo, 2005.

MORESCO, A. R. C. **Análise populacional de *Melipona marginata* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini) por meio de RFLP do DNA mitocondrial e microssatélites**. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências, São Paulo, 2009.

MORETTO, G.; ARIAS, M. C. Detection of Mitochondrial DNA Restriction Site Differences Between the Subspecies of *Melipona quadrifasciata* Lepelletier (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). **Neotropical Entomology**, v. 34, n. 3, p. 381-385, 2005.

MORGADO, L. N.; CARVALHO, C. F.; SOUZA, B.; SANTANA, M. P. Fauna de Abelhas (HYMENOPTERA: APOIDEA) nas Flores de Girassol *Helianthusannus* L. em Lavras - MG. **Ciência e agrotecnologia**, n. 26, p.1167-1177, 2002.

MOTA, G. B.; PASSOS, A. R.; SANTOS, K. S. Otimização de protocolo para extração de DNA em *Physalis ixocarpa* e *Philadelphica*. In: XXII Seminário de Iniciação Científica, n. 22, 2018, Bahia. **Anais...** Feira de Santana: UEFS, 2018.

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE,
ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

MULLIS, K.; FALOONA, F. Specific synthesis of DNA in vitro via a polymerase catalysed chain reaction. **Methods Enzymology**, v. 55, p. 335-350, 1987.

MURRAY, M. G.; THOMPSON, W. F. Rapid isolation of high molecular weight plant DNA. **Nucleic Acids Research**, v. 8, p. 4321-5, 1980.

NEGREIROS, A. B. **Análise genética e genômica da abelha-sem-ferrão *Melipona rufiventris*: sequenciamento, desenvolvimento de ferramentas moleculares e inferências populacionais**. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Piauí, Teresina-PI, 2019.

OLIVEIRA, E. N. A.; SANTOS, D. C. Análise físico-química de méis de abelhas africanizada e nativa. **Ver. Inst. Adolfo Lutz**, v. 70, p. 132-138, 2011.

PEREIRA, U. de P.; BONETTI, A. M.; GOULART, L. R.; SANTOS, A. R. dos; OLIVEIRA, G. C. de; CUADROS-ORELLANA, S.; UEIRA-VIEIRA, C. Complete mitochondrial genome sequence of *Melipona scutellaris*, a Brazilian stingless bee. **Mitochondrial DNA Part A**, v. 27, n. 5, p. 3387-3388, 2019.

PONCIO, L. de C. **Caracterização morfológica e molecular de *Culex coronator* e *Culex usquatus*, duas espécies do complexo coronator do subgenero *Culex* (*Culex*) (DIPTERA, CULICIDAE)**. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Paraná, Departamento de Zoologia, Curitiba, 2008.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). **Atlas do desenvolvimento humano no Brasil**. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/atlas/>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

QUEIROZ, C. R. A. dos A.; MORAIS, S. A. L. de; NASCIMENTO, E. A. do. Caracterização dos taninos da aroeira-preta (*Myracrodruon urundeuva*). **Revista Árvore**, v. 26, n. 4, p. 485-492, 2002.

SAMBROOK, J.; FRITSCH, E. F.; MANIATS, T. **Molecular cloning. A laboratory manual**. Second edition. Cold Spring Harbor Laboratory, 1989.

SANTOS, T. D.; KALUME, D. E.; BOTTINO, F. O.; GALDINO, T. S. Estudo comparativo de protocolos de extração de DNA empregados na detecção de *Trypanossoma cruzi* em dois ambientes: laboratório de ensino e de pesquisa. In: SANTOS, T. D. et al. (org). **Ciências da Saúde, ensino, formação e pesquisa**. Campina Grande: Editora Amppla, 2021.

SAIKI, R. K.; SCHARF, S. I.; FALCOONA, F.; MULLIS, K. B.; HORN, G. T.; HORN, G. T.; ERLICH, H. A.; ARNHEIM, N. Enzymatic amplification of beta-globin genomic sequences and restriction site analysis for diagnosis of sickle cell anemia. **Science**, v. 230, p. 1350-1354, 1985.

SAYUSTI, T.; RAFFIUDIN, R.; KAHONO, S.; NAGIR, T. Stingless bees (Hymenoptera: Apidae) in South and West Sulawesi, Indonesia: morphology, nest structure, and molecular characteristics. **Journal of Apicultural Research**, v. 60, n. 1, p. 143-156, 2021.

SILVA, G. R. D. A.; PEREIRA, F. de M.; SOUZA, B. de A.; LOPES, M. T. do R.; [CAMPELO, J. E. G.](#); DINIZ, F. M. Aspectos bioecológicos e genético-comportamentais envolvidos na conservação da abelha Jandaíra, *Melipona subnitida* Ducke (Apidae, Meliponini), e o uso de ferramentas moleculares nos estudos de diversidade. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 81, n. 3, p. 299-308, set. 2014.

SILVA, G. R. da. **Genômica e genética populacional da abelha-sem-ferrão *Melipona fasciculata* no Brasil**. Tese (Doutorado em

Ciência Animal) – Universidade Federal do Piauí, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Teresina, 2018.

SILVESTRE, D. **Seqüenciamento e análise do genoma mitocondrial de *Melipona bicolor* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini)**. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2002.

SILVESTRE, D.; DOWTON, M.; ARIAS, M. C. The mitochondrial genome of the stingless bee *Melipona bicolor* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini): Sequence, gene organization and a unique tRNA translocation event conserved across the tribe Meliponini. **Genetics and Molecular Biology**, v. 31, n. 2, p. 451-460, 2008.

SIMON, C.; FRATI, F.; BECKENBACH, A.; CRESPI, B.; LIU, H.; FLOOK, P. Evolution, Weighting, and Phylogenetic Utility of Mitochondrial Gene Sequences and a Compilation of Conserved Polymerase Chain Reaction Primers. **Annals of the Entomological Society of America**, v.87, n.6, p. 651-701. 1994.

SORENSEN, M. D. **Avian mtDNA primers**. Boston, 2003. Disponível em: <<http://people.bu.edu/msoren/Bird.mt.Primers.pdf>>. Acessado em: 20/08/2021.

SOUZA, B. A.; DE CARVALHO, C. A. L.; ALVES, R. M. O. Notas sobre a Bionomia de *Melipona Asilvai* (Apidae: Meliponini) como subsídio à sua criação racional, **Arch. Zootec.**, v. 57, n. 217, p. 53-62, 2008.

TRENTINI, M.; PAIM, L. **Pesquisa em enfermagem, uma modalidade convergente – assistencial**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1999.

VENTURIERI, G. C. **Formação de minicolônias de uruçucinzenta [*Melipona fasciculata* Smith, 1858 (Apidae, Meliponini)]**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2015.

VITAL, B. R.; CARNEIRO, A. de C. O.; PIMENTA, A. S.; LUCIA, R. M. D. Adesivos à base de taninos das cascas de duas espécies de eucalipto para produção de chapas de flocos. **Revista Árvore**, v. 28, n. 4, p. 571-582, 2004.

WAUGH, J. DNA barcoding in animal species: progress, potential and pitfalls. *BioEssays: News and reviews in molecular, **cellular and developmental biology***, v. 29, n. 2, p. 188-97. 2007.

WEINLICH, R.; FRANCISCO, F. O.; ARIAS, M. C. Mitochondrial DNA restriction and genomic maps of seven species of *Melipona* (Apidae: Meliponini). **Apidologie**, v. 35, p. 365-370, 2004.

YAMAMOTO, M.; OLIVEIRA, P. E.; GAGLIONE, M. C. **Uso sustentável e restauração da diversidade dos polinizadores autóctones na agricultura e nos ecossistemas relacionados: Planos de Manejo**. Rio de Janeiro: Funbio, 2014.

SUPRESSÃO DAS PLANTAS ESPONTÂNEAS COM A UTILIZAÇÃO DE ADUBOS VERDES NA CULTURA DO QUIABO

Guilherme Santos de Alencar¹
Raimundo Nonato Viana Santos²
Maria José Pinheiro Corrêa³

INTRODUÇÃO

O quiabeiro (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) é uma hortaliça da família Malvaceae, de origem africana, adaptada às áreas tropicais e subtropicais (JARRET, 2011), cultura ideal para as condições climáticas brasileiras. Apesar de não ser uma das hortaliças mais comercializadas do país, os frutos do quiabeiro podem ser utilizados de diversas formas: refogados; cozidos; fritos ou assados; além de possuírem qualidades medicinais e terapêuticas reconhecidas nos tratamentos de doenças do aparelho digestivo (MODESTO, 2019). De grande importância socioeconômica, contribui como boa alternativa de renda para agricultores familiares nos trópicos úmidos (SANTOS, 2020).

No Brasil, o quiabeiro é cultivado em todas as regiões, com maior produção no Sudeste, destacando-se o estado de São Paulo com produção de 24 mil toneladas ao ano e produtividades de até 14.000 kg ha⁻¹ (IEA, 2013). No Nordeste, o estado de Sergipe apresentou a maior produtividade média, também de 14.000 kg ha⁻¹

¹ Discente Curso de Agronomia/UEMA

² Eng. Agrônomo-SENAR/MA

³ Profa. Dept.º de Biologia/UEMA

de frutos de quiabo (CREA, 2014). No Maranhão, particularmente na Ilha de São Luís formada pelos municípios São Luís, Paço do Lumiar, Raposa e São José de Ribamar, apesar de ser uma hortaliça muito consumida, a produtividade média é muito baixa de apenas 2.932 kg ha⁻¹ (SAGRIMA, 2017).

No Maranhão o sistema de cultivo do quiabeiro tradicionalmente adotado pelos agricultores familiares é o convencional, com uso de adubação química e espaçamentos largos entre plantas que favorecem o desenvolvimento de plantas espontâneas. Essas espécies quando não manejadas adequadamente, competem com a cultura por água, luz e nutrientes cujas perdas de produção podem variar de 53 a 95% (AWODOYIN; OLUBODE, 2009; SANTOS *et al.* 2010; BACHEGA *et al.* 2013; OROKA; OMOVBUDE, 2016). Portanto, a incidência dessas plantas configura-se como um dos fatores biológicos que mais comprometem a produção do quiabeiro.

Contudo, a constante exigência do mercado por produtos cada vez mais saudáveis que preservem a saúde e o meio ambiente está relacionada com a biodiversidade que pode ser alcançada com o uso de práticas como a adubação verde, que para Sediya *et al.* (2014) é uma alternativa prática e eficaz para o fornecimento de nutrientes e a adição de matéria orgânica ao solo, diretamente, na área de cultivo.

A adoção da adubação verde está associada às inúmeras vantagens que pode trazer aos cultivos agrícolas como a supressão das plantas espontâneas nas entrelinhas da cultura (GOMES *et al.*, 2014), fixação biológica de nitrogênio (FBN) e ciclagem de nutrientes (PUIATTI *et al.*, 2015), manutenção da matéria orgânica do solo e redução da população de nematoides (TIVELLI *et al.*, 2010), proteção do solo contra erosão hídrica e eólica, melhor porosidade, permeabilidade e retenção de água (PANTALEÃO *et al.*, 2012).

As plantas mais utilizadas para a adubação verde ou plantas de cobertura são as da família Fabaceae, tais como as espécies *Crotalaria juncea* (*Crotalaria juncea* L) e *Mucuna-anã* (*Mucuna deeringiana* (Bort) Merr.) que se destacam como algumas das fabaceas mais usadas em consórcios com culturas agrícolas e hortaliças. Em cultivos consorciados de *crotalaria juncea*, feijão-caupi, mucuna e guandu anão com quiabeiro, Santos *et al.* (2020) verificaram que os adubos verdes reduziram a massa seca das plantas espontâneas. Em pimentão consorciado com *crotalaria juncea*, César *et al.* (2007) observaram efeito positivo do consórcio desse adubo verde quanto ao teor de nitrogênio nos frutos pela fixação biológica de nitrogênio.

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo avaliar a interferência de adubos verdes consorciado com a cultura do quiabo na supressão das plantas espontâneas, assim como verificar o comportamento dos adubos verdes para aumento da produção do

quiabo nas condições ecológicas do Município de Presidente Médici
- MA.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em campo no município de Presidente Médici - MA, situado a $-2^{\circ}21'25''$ de latitude sul e $-45^{\circ}55'12''$ de longitude oeste e altitude de 52 m acima do nível do mar, geograficamente localizado a Oeste maranhense (microrregião de Pindaré) na formação de Itapecuru, solos do tipo plintossolo e podzólico vermelho amarelo (GEPLAN, 2002). O clima local, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw', clima quente com chuva de verão (DUBREUIL, 2018).

As principais características químicas do solo na camada 0-20 cm foram: M.O: 10,7 g/Kg; pH(CaCl₂): 4,2; P: 2,2 mg/dm³; K: 0,04 cmol/dm³; Ca: 0,53 cmol/dm³; Mg: 0,12 cmol/dm³; SB: 0,69 cmol/dm³; Al: 0,39 cmol/dm³; H + Al: 1,77 cmol/dm³; CTC: 2,45 cmol/dm³ e micronutrientes (mg/dm³): ferro (242,36), manganês (5,83), cobre (0,47) e zinco (0,21).

Para a implantação do experimento foi realizada capina manual. A adubação de plantio e de cobertura foi realizada com base na análise do solo, utilizando-se 30 kg ha⁻¹ de N, 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 240 kg ha⁻¹ de K₂O, na forma de ureia, superfosfato triplo e cloreto de potássio. Para a adubação de cobertura foi realizada a aplicação de esterco bovino como fonte de N.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições e cinco tratamentos totalizando 20 parcelas. Dois tratamentos testemunhas na ausência de adubos verdes, sendo uma capinada e outra mantida infestada durante todo o ciclo da cultura (T₁- Quiabeiro no limpo (capina) e T₂ - Quiabeiro + vegetação espontânea (QVE) e três tratamentos foram implantados com o quiabeiro em consórcio com os adubos verdes (T₃- Quiabeiro + *Crotalaria juncea* (QCJ); T₄ - Quiabeiro + *Mucuna-anã* (QMA) e T₅ - Quiabeiro + *Crotalaria juncea* + *Mucuna-anã* (QCJMA).

As parcelas experimentais foram constituídas por quatro linhas de três metros e vinte centímetros de comprimento, espaçadas de 1 m, nas entre linhas, com área de 12,80 m² (4,0 m x 3,20 m), considerando como área útil as duas fileiras centrais da parcela, eliminando-se 0,4 m da extremidade das linhas, para evitar o efeito bordadura, perfazendo 4,8 m² (2,0 m x 2,40m) de área útil com 24 plantas.

A cultivar de quiabo utilizada foi Santa Cruz que apresenta frutos cilíndricos de casca verde claro, com ciclo de vida anual, colheita com 70 dias após germinação e porte de 1 a 2 metros. A semeadura foi feita em copos plásticos após imersão em água por 24h para quebra de dormência, o transplantio foi realizado 10 dias após a emergência (DAE), com abertura de covas e adubação de plantio no espaçamento de 1,0 m x 0,4 m entre plantas. Todo o processo foi realizado manualmente. Foram realizadas adubações de

cobertura com fertilizante foliar misto 20-10-10 + micros, esterco bovino e biofertilizante foliar (125ml/20L).

Para o plantio do adubo verde foi realizada a capina de todas as parcelas e os adubos verdes foram semeados nas entrelinhas 28 DAE do quiabeiro. Para a crotalaria foram usadas de 22 a 27 sementes por metro e para a mucuna-anã de 10 a 12 sementes por metro. Cada parcela dos tratamentos 3 e 4 receberam três fileiras de adubo verde nas entrelinhas, o tratamento cinco recebeu duas fileiras laterais de crotalaria e uma central de mucuna-anã.

O corte dos adubos verdes foi feito no início da floração, retirou-se duas amostras por tratamento que foi submetida a secagem em estufa ventilação forçada de ar a 65-70°C até atingir massa constante para obtenção da biomassa seca.

As coletas de plantas espontâneas, realizadas aos 14 e 42 dias após a semeadura (DAS) dos adubos verdes foram feitas na área útil da parcela com três amostragens, com utilização de retângulo metálico vazado de 0,125 m² (0,25 m x 0,50) de área. As plantas espontâneas foram separadas, contadas, identificadas e colocadas em estufa com ventilação forçada de ar 65-70°C para obtenção da massa seca e pesada em balança de precisão para avaliação de densidade e massa seca.

Os dados de densidade e massa seca das plantas espontâneas foram expressos em número de plantas m⁻² e gramas de massa seca m⁻². Esses dados de cada população de planta espontânea foram

usados para determinação dos parâmetros fitossociológicos: densidade relativa (DeR), frequência relativa (Fr.R.), Dominância relativa (Do.R.) e do índice de valor de importância (IVI), conforme descrito por Pitelli (2000).

A colheita dos frutos foram iniciadas aos 67 dias após a emergência (DAE), a cada dois dias (intervalos de 1 dia entre colheitas), selecionando os frutos de coloração intensa e padrão comercial de 12-15 cm, pouco fibrosos na área útil da parcela. A produtividade da cultura foi considerada pelo somatório das 14 colheitas que finalizou aos 97 DAE, quando a cultura passou a apresentar hábito estiolado de poucas folhas e frutos fora do padrão de colheita.

Os dados de massa seca dos adubos verdes e das plantas espontâneas, e a produção dos frutos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. O software estatístico utilizado para a execução das análises estatísticas foi o AgroEstat versão 1.1.0.712 (BARBOSA; MALDONADO JUNIOR, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Composição florística da comunidade infestante

Na avaliação da comunidade de plantas espontâneas no quiabeiro consorciado com adubos verdes e quiabeiro na vegetação espontânea foram identificadas 29 espécies, distribuídas em 12

famílias. Entre as espécies, 16 pertencentes à classe das eudicotiledôneas e 13 monocotiledôneas. Constatou-se maior incidência de espécies do grupo das eudicotiledôneas no quiabeiro consorciado com adubos verdes (52%) comparado ao quiabeiro com vegetação espontânea (Tabela 1). Resultado semelhante ao encontrado por Santos *et al.* (2020) que também evidenciaram maior riqueza de espécies espontâneas desse grupo botânico no cultivo do quiabeiro.

Quando comparado ao quiabeiro com vegetação espontânea observou-se que 84% das espécies monocotiledôneas ocorreram no quiabeiro consorciado com adubos verdes. Evidenciando que os adubos verdes não afetaram negativamente as espécies do grupo das monocotiledôneas que são de difícil manejo devido à alta produção de sementes, perfilhamento e estrutura vegetativa de propagação. Santos *et al.* (2020); Pantaleão *et al.* (2012) em experimento com adubos verdes também observaram que as leguminosas (adubos verdes) não suprimiram as espécies do grupo das monocotiledôneas.

A maior ocorrência de espécies em todos os tratamentos foram *Murdannia nudiflora*, *Cyperus diffusus*, *Cyperus iria.*, *Fimbristylis miliacea*, *Eleusine indica*, *Urochloa mutica*, *Amaranthus spinosus*, *Emilia coccinea*, *Lindernia crustácea*, *Portulaca oleracea.*, *Hedyotis corymbosa*, *Spermacoce verticilata*, *Spermacoce latifolia*. De acordo com Carvalho (2011), a avaliação fitossociológica fornece informações úteis sobre quais espécies de plantas daninhas

representam a principal limitação para as culturas nos agroecossistemas.

Tabela 1 - Principais plantas espontâneas no quiabeiro com vegetação espontânea e consorciado com adubos verdes. Presidente Médici – MA, 2021. QVE = Quiabeiro e vegetação espontânea; QCJ = Quiabeiro e *Crotalaria Juncea*; QMA = Quiabeiro e *Mucuna-Anã*; QCJMA = Quiabeiro, *Crotalaria Juncea* e *Mucuna-Anã*.

| FAMÍLIAS/ESPÉCIES | TRATAMENTOS | | | |
|-------------------------------------|-------------|-----|-----|-------|
| | QVE | QCJ | QMA | QCJMA |
| MONOCOTILEDÔNEAS | | | | |
| COMMELINACEAE | | | | |
| <i>Murdannia nudiflora</i> (L.) | X | | | X |
| Brenan | | X | X | |
| CYPERACEAE | | | | |
| <i>Cyperus brevifolius</i> (Rottb.) | -- | X | -- | -- |
| Endl. ex Hassk. | | | | |
| <i>Cyperus diffusus</i> Vahl | X | X | X | X |
| <i>Cyperus distans</i> L.f. | -- | -- | -- | X |
| <i>Cyperus esculentus</i> L. | -- | X | X | -- |
| <i>Cyperus hermaphoditus</i> | X | -- | -- | -- |
| (Jacq.) Stand. | | | | |
| <i>Cyperus iria</i> L. | X | X | X | X |
| <i>Cyperus polystachyos</i> Rottb. | X | -- | -- | X |
| <i>Cyperus sphaelatus</i> Rottb. | -- | -- | X | X |
| <i>Fimbristylis miliacea</i> (L.) | X | X | X | X |
| Vahl | | | | |
| POACEAE | | | | |

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE,
ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

| | | | | |
|--|----|---|---|---|
| <i>Digitaria ciliaris</i> (Retz.) Koeler. | -- | X | X | X |
| <i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn. | X | X | X | X |
| <i>Urochloa mutica</i> (Forssk.) T. Q. Nguyen | X | X | X | X |

EUDICOTILEDÔNEAS

AMARANTHACEAE

| | | | | |
|--|----|----|----|---|
| <i>Alternanthera tenella</i> Colla | -- | -- | X | X |
| <i>Amaranthus spinosus</i> L. | X | X | X | X |
| ASTERACEAE | | | | |
| <i>Emilia coccinea</i> (Sims) G. Don | X | X | X | X |
| <i>Praxelis pauciflora</i> (Kunth) R.M. King & H. Rob | -- | -- | -- | X |

EUPHORBIACEAE

| | | | | |
|--|----|----|----|----|
| <i>Chamaesyce hirta</i> (L.) Milisp | -- | X | -- | -- |
| <i>Chamaesyce hyssopifolia</i> (L.) Small | -- | -- | X | X |
| <i>Chamaesyce prostrata</i> (Aiton) Small | X | X | -- | X |

LINDERNIACEAE

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| <i>Lindernia crustacea</i> (L.) F.Muell. | X | X | X | X |
|---|---|---|---|---|

MALVACEAE

| | | | | |
|----------------------------|---|----|----|----|
| <i>Sida rhombifolia</i> L. | X | -- | -- | -- |
|----------------------------|---|----|----|----|

ONAGRACEAE

| | | | | |
|---|----|----|----|---|
| <i>Ludwigia octovalvis</i> (Jacq.) P.H.Raven | -- | -- | -- | X |
|---|----|----|----|---|

PHYLLANTHACEAE

| | | | | |
|-----------------------------------|----|---|----|----|
| <i>Phyllanthus niruri</i> L. | -- | X | X | X |
| <i>Phyllanthus tenellus</i> Roxb. | X | X | -- | -- |
| PORTULACACEAE | | | | |
| <i>Portulaca oleracea</i> L. | X | X | X | X |
| RUBIACEAE | | | | |
| <i>Hedyotis corymbosa</i> L. Lam. | X | X | X | X |
| <i>Spermacoce verticillata</i> L. | X | X | X | X |
| <i>Spermacoce latifolia</i> Aubl. | X | X | X | X |

Fonte: Alencar (2021)

Aos 14 dias da semeadura dos adubos verdes, a espécie *Amaranthus spinosus* destacou-se com IVI de 71,12%, no tratamento quiabeiro com vegetação espontânea seguida por *Cyperus diffusus*, *Lindernia crustacea*, *Eleusine indica*, *Spermacoce latifolia* e *Portulaca oleracea* (Tabela 2). Isto pode ser atribuído ao porte do quiabeiro que na época da amostragem das plantas estava no início de desenvolvimento, portanto, com baixa capacidade de cobertura do solo e supressão das plantas espontâneas. Nos tratamentos quiabeiro crotalaria juncea, quiabeiro mucuna-anã, quiabeiro crotalaria + mucuna-anã, *Amaranthus spinosus*, também foi a espécie que mais se destacou com IVI's de 26,77%; 44,80 e 52,91%, respectivamente, quando comparado as demais espécies. Entre os adubos verdes, crotalaria juncea consorciada com quiabeiro e crotalaria juncea + mucuna-anã consorciada com quiabeiro apresentaram os menores IVI's.

A espécie com maior índice de valor de importância (IVI) na vegetação espontânea do quiabeiro (QVE) aos 42 DAS foi *Amaranthus spinosus* (55,53%), seguida por *Cyperus iria* (44,92%), *Eleusine indica* (32,14%), *Cyperus diffusus* (27,93%) e *Lindernia crustacea* com 26,88% (Tabela 2). Constatou-se que as plantas espontâneas encontradas nesta pesquisa diferem das espécies encontradas por Santos *et. al* (2020) na vegetação espontânea em cultivo de quiabeiro em São Luís -MA, na qual se destacaram as espécies *Eragrostis ciliaris*, *Alternanthera tenella*, *Synedrella nodiflora* e *Commelina benghalensis*.

Ao comparar as principais espécies da vegetação espontânea do quiabeiro com as encontradas nos adubos verdes consorciados observou-se apenas redução do IVI de *A. spinosus* e *C. iria*. A espécie *C. diffusus* aumentou seu IVI na presença dos adubos verdes. Enquanto *E. indica* que teve aumento no IVI na presença da mucuna-anã (40,21%) e da crotalaria + mucuna-anã (53,29%). As espécies *C. sphacelatus* e *P. niruri* aumentaram seus IVI's na presença dos adubos verdes, especialmente Crotalária + mucuna-anã (103,87%) e mucuna-anã (101,66%), respectivamente.

Evidenciou-se que os adubos verdes alteraram a dinâmica da vegetação espontânea reduzindo a infestação de *A. spinosus* e favorecendo as espécies *C. diffusus*, *E. indica* e *L. crustacea* (Tabela 2). No entanto, Santos *et al.* (2020) constataram efeito positivo dos adubos verdes feijão-caupi e guandu-anão na supressão de *Eragrostis ciliaris*. Smith *et al.* (2015) ressaltaram que estudos de supressão de

plantas espontâneas com plantas de cobertura devem considerar que às vezes uma determinada espécie espontânea não tem seu crescimento prejudicado, mas facilitado pela planta de cobertura específica.

Tabela 2 – Índice de Valor de Importância das principais plantas espontâneas no quiabeiro com vegetação espontânea e consorciado com adubos verdes aos 14 e 42 DAS após semeadura dos adubos verdes. Presidente Médici – MA, 2021. QVE = Quiabeiro e vegetação espontânea; QCJ = Quiabeiro e Crotalaria Juncea; QMA = Quiabeiro e Mucuna-Anã; QCJMA = Quiabeiro, Crotalaria Juncea e Mucuna-Anã.

| Espécie | Tratamentos | | | |
|--|-------------|-------|--------|--------|
| | QVE | QCJ | QMA | QCM |
| 14 DAS | | | | |
| <i>Amaranthus spinosus</i> L. | 71,12 | 26,77 | 44,80 | 52,91 |
| <i>Cyperus diffusus</i> Vahl | 38,80 | 16,29 | 27,07 | 12,23 |
| <i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn. | 14,57 | 10,39 | 6,26 | 12,88 |
| <i>Lindernia crustacea</i> (L.) F.Muell. | 32,72 | 19,56 | 41,43 | 30,60 |
| <i>Spermacoce latifolia</i> Aubl. | 10,37 | 8,32 | 15,72 | 16,92 |
| <i>Portulaca oleracea</i> L. | 7,01 | 5,25 | 40,10 | 14,65 |
| 42 DAS | | | | |
| <i>Amaranthus spinosus</i> L. | 55,53 | 15,84 | 10,07 | 14,15 |
| <i>Cyperus diffusus</i> Vahl | 27,93 | 29,97 | 37,22 | 40,20 |
| <i>Cyperus iria</i> L. | 44,92 | 35,51 | 27,51 | 26,36 |
| <i>Cyperus sphaclatus</i> Rottb. | 0,00 | 0,00 | 6,79 | 103,87 |
| <i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn. | 32,14 | 26,15 | 40,21 | 53,29 |
| <i>Lindernia crustacea</i> (L.) F.Muell. | 26,88 | 14,07 | 20,95 | 32,35 |
| <i>Portulaca oleracea</i> L. | 6,63 | 23,77 | 23,72 | 8,85 |
| <i>Phyllanthus niruri</i> L. | 0,00 | 2,07 | 101,66 | 1,99 |

Fonte: Alencar (2021)

Massa de matéria seca dos adubos verdes

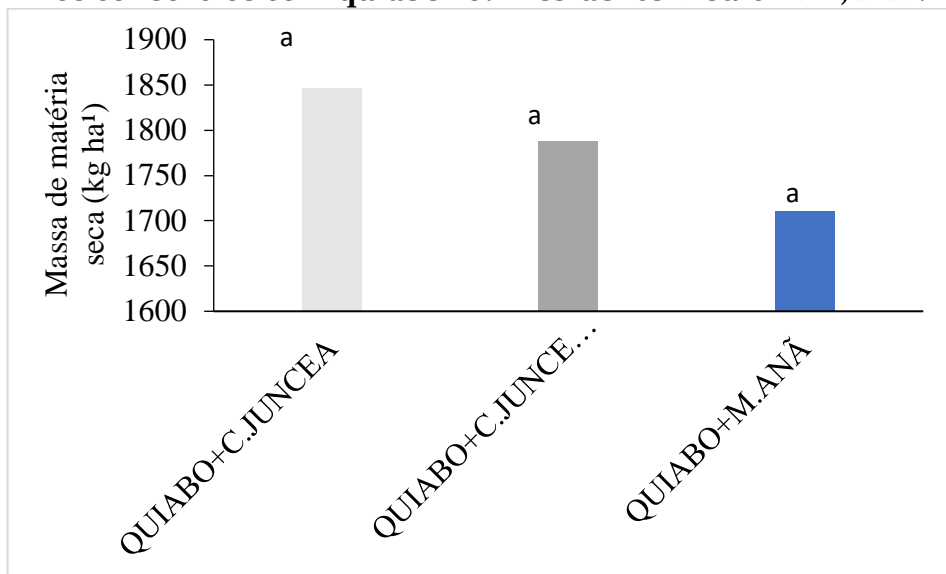
Os adubos verdes não diferiram significativamente quanto a produção de massa de matéria seca, quando avaliados em consórcio com o quiabeiro. No entanto, as leguminosas apresentaram desempenho semelhante.

O acúmulo de biomassa da crotalaria juncea consorciada com quiabeiro foi aproximadamente 1850 Kg ha⁻¹ (Figura 1), valor inferior quando comparado ao encontrado por Santos *et al.* (2020) que foi de 5.245 kg ha⁻¹. O baixo desempenho da espécie possivelmente ocorreu devido ao sombreamento do quiabeiro, pois a leguminosa foi semeada 20 dias após o transplântio das mudas de quiabeiro. Esse aspecto também pode ser observado na mucuna-anã e na crotalaria juncea consorciada com a mucuna-anã em consórcio com o quiabeiro.

Resultados encontrados por Soares *et al.* (2015) mostraram que a crotalaria juncea produziu 10.490 kg ha⁻¹ de massa seca, enquanto as plantas daninhas produziram apenas 1.200 kg ha⁻¹ presentes nesse adubo verde. As variações na produção de biomassa de adubos verde e seu efeito supressor sobre as plantas daninhas variam de acordo com as condições edafoclimáticas de cada região.

A mucuna-anã produziu 1.710 kg ha⁻¹ de massa seca, valor esse menor que o obtido por Queiroz *et al.* (2010) que foi de 2.992 kg ha⁻¹ em consórcio com milho verde. A mucuna é uma espécie de porte baixo que não compete com a cultura.

Figura 1. Massa de matéria seca (kg ha^{-1}) dos adubos verdes nos consórcios com quiabeiro. Presidente Médici-MA, 2021.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Alencar (2021)

Os resultados mostram que as espécies podem ser manejadas quanto a densidade e época de plantio para que possa atender o interesse do produtor. No consórcio de mucuna-anã com milho verde foi possível observar efeitos positivos nos atributos físicos e na fertilidade do solo, além disso o adubo verde minimizou o surgimento de plantas espontâneas (ALCÂNTARA *et al.*, 2005). Queiroz *et al.* (2010) relataram que a presença das leguminosas mucuna-anã e crotalária juncea na cultura do milho verde alterou a produtividade de matéria seca das plantas espontâneas em função do abafamento e redução da luminosidade.

A importância da produção de massa seca pelos adubos verdes num agroecossistema está no fato de que essas espécies atuam como cobertura viva e competem diretamente com as populações de plantas espontâneas pelos recursos do ambiente como luz, água e nutrientes (TEASDALE *et al.*, 2007), além de atuarem como uma barreira física que impede a incidência da luz no solo e a liberação de compostos químicos que afetam a emergência das plantas espontâneas (BLANCO-CANQUI *et al.*, 2015). Além dessas vantagens há outras como a manutenção da matéria orgânica do solo e redução da população de nematoides (TIVELLI *et al.*, 2010), proteção do solo contra erosão hídrica e eólica, melhor porosidade, permeabilidade e retenção de água (PANTALEÃO *et al.*, 2012).

Produtividade da cultura do quiabeiro consorciada com adubos verdes

Na produtividade do quiabeiro não houve diferença significativa entre os tratamentos. O quiabo mantido no limpo o tempo todo, na presença do mato e dos adubos verdes obtiveram a mesma produtividade (Figura 2).

Os adubos verdes não incrementaram a produtividade do quiabeiro ao mesmo tempo que não competiram com a cultura por recursos como água, nutrientes, espaço e luz. Em trabalhos conduzidos por Santos *et al.* (2020) o quiabo consorciado com crotalária juncea alcançou produtividade de 620,06 kg há⁻¹ valor

inferior ao obtido na presente pesquisa onde o consórcio com a crotalária juncea foi de 8100 kg ha^{-1} .

Para Tivelli *et al.* (2010), o cultivo de adubos verdes consorciado pode ser uma alternativa para que agricultores familiares incorporem a prática da adubação verde na rotina das atividades produtivas, resultando na diminuição de comunidades infestantes e por sua vez evitando o uso de herbicidas.

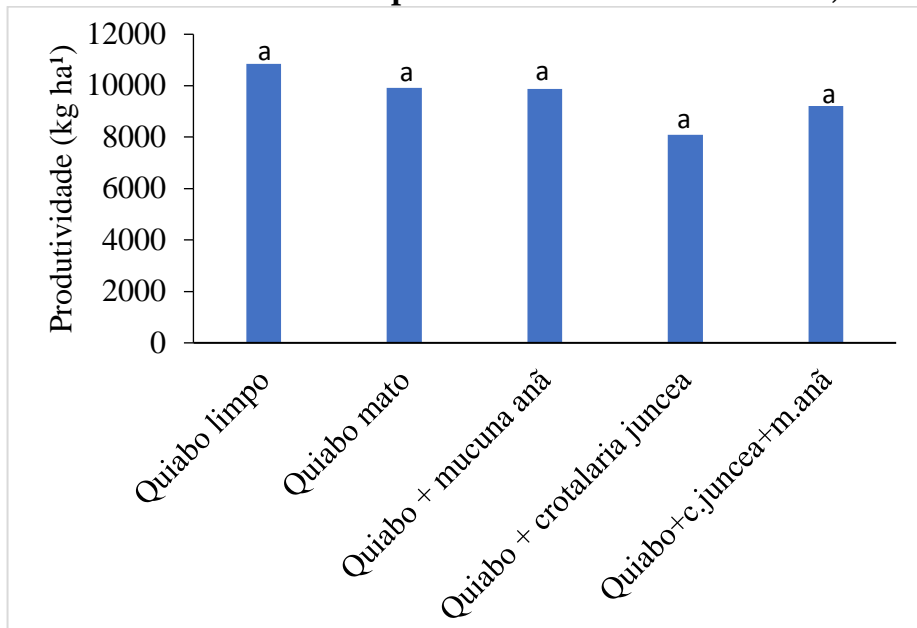
No experimento o quiabo consorciado com mucuna anã produziu 9867 kg há^{-1} , resultados semelhantes foram encontrados por Tivelli *et al.* (2013), o quiabo consorciado com mucuna anã produziu 12200 kg há^{-1} . Kano *et al.* (2010) relatou produtividade de $5249,85 \text{ kg ha}^{-1}$ do quiabeiro consorciado com mucuna anã.

Quando comparado os tratamentos, quiabo mantido no limpo e o quiabo mantido no mato (vegetação espontânea) não apresentaram diferença estatística significativa. Esse resultado pode estar relacionado ao desenvolvimento da cultura e o sombreamento causado pelas folhas sobre o solo, que não permitiram que a comunidade infestante se estabelecesse no agroecossistema. Tivelli *et al.* (2013) também não encontrou diferenças significativas entre a produtividade do quiabeiro consorciado com a testemunha sem adubo verde e capinada. Santos *et al.* (2017) relataram produtividade de 5.500 kg ha^{-1} quando o quiabo foi mantido o tempo todo no limpo e de 2.750 kg ha^{-1} quando a cultura conviveu o tempo todo no mato. O uso da adubação verde nas áreas de cultivo de hortaliças se

justifica, pois estes têm como finalidade suprimir as plantas espontâneas que podem gerar perdas de 51,3% na produtividade do quiabeiro.

No consórcio dos adubos verdes com as culturas de interesse econômico é importante observar o porte das plantas e a época de plantio do adubo verde, em relação ao da cultura (SANTOS *et al.* 2013). Corrobora com essa afirmação a premissa de que a escolha criteriosa das culturas componentes do consórcio, a época de suas respectivas instalações e de manejo da massa cortada ou podada são de fundamental importância para que se possa propiciar exploração máxima das vantagens do sistema de cultivo consorciado (PUIATTI *et al.*, 2015). Isso porque os adubos verdes em consórcio também podem acarretar efeitos negativos, se as espécies que compõem o sistema não forem semeadas e manejadas no intervalo adequado à época e à região (CHIEZA *et al.*, 2017).

Figura 2. Produtividade do quiabeiro (kg ha¹) em diferentes tratamentos no município de Presidente Médici-MA, 2021.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Alencar (2021)

CONCLUSÃO

- *Amaranthus spinosus* destaca-se como espécie mais importante no tratamento quiabeiro com vegetação espontânea;
- Os adubos verdes crotalaria juncea e mucuna-anã e crotalaria juncea + mucuna anã apresentaram eficiência na supressão da espécie *Amaranthus spinosus*;
- Os adubos verdes crotalaria juncea e mucuna-anã apresentam acúmulo de massa seca semelhantes com efeitos positivos na supressão das plantas espontâneas;

- O quiabeiro consorciado com crotalaria juncea e mucuna-anã não afetam a produtividade da cultura.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, F.A.; BRANCO, M.C.; MELO, **Consórcio de milho e mucuna-anã visando ao manejo sustentável do solo em área de agricultura urbana**. Brasília-DF, 2005. p.14.

AWODOYIN, R.O., OLUBODE, O.S. On-field assessment of critical period of weed interference in okra [*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench] field in Ibadan, a rainforest-savanna transition eco-zone of Nigeria. **Asian Journal of Food and Agro-Industry**. p. 288-296, 2009.

BACHEGA, L. P. S. et al. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do quiabo. **Planta daninha**, v. 31, n. 1, p. 63-70, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=Soi0083582013000100007&lng=pt&tlng=pt>

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JUNIOR, W. Experimentação agrônômica & AgroEstat: **Sistema para análise estatística de ensaios agrônômicos**. Jaboticabal: Gráfica Multipress Ltda, 2015. 396p.

BLANCO-CANQUI, H.; SHAVER, T. M.; LINDQUIST, J.L.; SHAPIRO, C.A.; ELMORE, R.W.; FRANCIS, C. A.; HERGERT, G.W. Cover crops and ecosystem services: insights from studies in temperate soils. **Agronomy journal**, v 107, n. 6, p. 2449 - 2474. 2015.

CARVALHO, L. B. **Estudos ecológicos de plantas daninhas em agroecossistemas**. Jaboticabal, SP, 2011, 58 p.

CESAR, M.N.Z.; RIBEIRO, R.L.D.; PAULA, P.D.; POLIDORO, J.C.; MANERA, T.C.; GUERRA, J.G.M. Desempenho do pimentão em cultivo orgânico, submetido ao desbaste e consórcio. **Horticultura Brasileira**. v. 25, n. 3, p.322-326. 2007.

CHIEZA, E.D.; GUERRA, J.G.M.; ARAÚJO, E.S.; ESPÍNDOLA, J.A.; FERNANDES, R.C. Produção e aspectos econômicos de milho consorciado com Crotalária juncea L. em diferentes intervalos de semeadura, sob manejo orgânico. **Revista Ceres**, v.64, p.189-196. 2017.

CREA (2014) **Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Sergipe. Canindé produz 14,2 toneladas de quiabo**. Disponível em: <http://www.crea-se.org.br/caninde-produz-142-toneladas-de-quiabo/>. Acesso em 16 de junho 2019.

DUBREUIL, Vincent et al. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. **Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia**, n. 37, 2018. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/15738>

GEPLAN. **Atlas do Maranhão / Gerencia de Planejamento e Desenvolvimento Econômico**. Laboratório de Geoprocessamento-UEMA. São Luis: GEPLAN. 2002. 40p. Disponível em: <https://www.bellalex.net/arquivos/studio-idro-geologico-climatico-ed-altro.pdf>

GOMES, D.S.; BEVILAQUA, N.C.; SILVA, F.B.; MONQUERO, P.A. Supressão de plantas espontâneas pelo uso de cobertura vegetal de crotalária e sorgo. **Revista Brasileira de Agroecologia**. v. 9, n. 2, p. 206-213, 2014.

IEA. Instituto de Economia Agrícola. **Estatísticas de Produção da Agropecuária 19**

Paulista. Área e produção de quiabo em São Paulo. Disponível em: www.iaea.gov.br/fev/banco/menu.php. Acesso em: 22/04/2019.

JARRET, R. L.; WANG, M. Li; LEVY, I. J. Seed oil and fatty acid content in okra (*Abelmoschus esculentus*) and related species. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 59, n. 8, p. 4019-4024, 2011. Disponível em: <<https://sci-hub.se/10.1021/jf104590u>>

KANO, C.; TIVELLI, S.W.; PURQUERIO, L.F.V.; WUTKE, E.B. Desempenho do quiabeiro consorciado com *Mucuna deeringiana* e *Crotalaria spectabilis* na região Leste Paulista. 2010. **Horticultura Brasileira** 28: S1926-S1931.

MODESTO, F. J. N. Crescimento, produção e consumo hídrico do quiabeiro submetido à salinidade em condições hidropônicas. **Irriga** v. 24, n. 1, p. 86-97, 2019.

OROKA, F.O.; OMOVBUDE, S. Effect of mulching and period of weed interference on the growth, flowering and yield parameters of okra (*Abelmoschus esculentus* L.). **Journal of Agriculture and Veterinary Science**. v. 9, p. 52-56, 2016.

PANTALEÃO, O.S.; LACA-BUENDIA, J.P.; BRITO, L.F.; GODINHO, N.C.A.; BERNARDES, A.G. Supressão de plantas daninhas pela cobertura com adubos verdes em solo do cerrado. **FAZU em Revista**, n. 9, p. 30-43, 2012.

PITELLI, R. A. Estudo fitossociológico em comunidades infestantes de agroecossistemas. **Jornal Consherb**, v.1, n.2. p.1-7, 2000.

PUIATTI, M.; OLIVEIRA, N.L.C.; CECON, P.R.; BHERING, A.S. Consorciação de taro e crotalária manejada com corte rente ao solo e poda na altura do dossel. **Revista Ceres**, v. 62, n.3, p. 275-283, 2015.

QUEIROZ, L.R.; GALVÃO, J.C.C.; CRUZ, J.C.; OLIVEIRA, M.F.; TARDIN, F.D. Supressão de plantas daninhas e produção de milho-

verde orgânico em sistema de plantio direto. **Planta Daninha**, 28 (2), 2010.

SAGRIMA. Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e Pesca do Estado do Maranhão. **Relatório da cadeia produtiva da hortifruticultura**. 2017. 51 p.

SANTOS, J.B.; SILVEIRA, T.P.; COELHO, P.S.; COSTA, O.G.; MATTA, P.M.; SILVA, M.B. DRUMOND NETO, A.P. Interferência de plantas daninhas na cultura do quiabo. **Planta Daninha**, v. 28, n. 2, p. 255-262, 2010.

SANTOS, I.C.; SEDIYAMA, M.A.N.; PEDROSA, M.W. **Adubação verde no cultivo de hortaliças**. Viçosa, EPAMIG. 6p. Circular Técnica, 179. 2013.

SANTOS, R.N.V.; RODRIGUES, A.A.C.; SILVA, M.R.M.; CORREA, M.J.P.; MESQUITA, M.L.R. Phytosociology and weed interference in okra under organic cropping system. **African Journal of Agricultural Research**, 12:251-259. 2017

SANTOS, R.N.V. et al. Interferência de Plantas Daninhas na Cultura do Quiabo Orgânico Durante a Estação “Seca”. **Planta Daninha**, v. 38, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=So100-83582020000100214&script=sci_abstract&tlng=pt>

SANTOS, R.N.V. et al. Green manure intercropped with okra for spontaneous plant suppression. **Journal of Agricultural Studies**, v.8, 2020. Disponível em <http://www.macrothink.org/journal/index.php/jas/article/view/17625/13974>

SEDIYAMA, Maria Aparecida Nogueira; SANTOS, Izabel Cristina dos; LIMA, Paulo César de. Cultivo de hortaliças no sistema orgânico. **Revista Ceres**, v. 61, p. 829-837, 2014. Disponível em:

https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0034-737X2014000700008&script=sci_arttext&lng=pt

SMITH, R. G.; ATWOOD, L.W.; POLLNAC, F. W.; WARREN, N. D. Cover-crop species as distinct biotic filters in weed community assembly. **Weed Science**, 63(1), 282-295. 2015

SOARES C.M.J.; RAMBO, J.R.; CAVALLARI, L.A.; OLIVEIRA, M.S.; SOARES, D.M.J. Produção de adubos verdes no cerrado e seus efeitos sobre as plantas daninhas. **Revista de Ciências Agroambientais**, 13:57-64. 2015

TEASDALE, J.R.; BRANDSAETER, L.O.; CALEGARI, A.; SKORA NETO, F. **Cover crops and weed management**. In: M.K. Upadhyaya and R.E. Blackshaw, editors, Nonchemical weed management. CAB Int., Chichester, UK. p. 49-64, 2007.

TIVELLI SW; PURQUERIO LFV; KANO C. 2010. Adubação verde e plantio direto em hortaliças. **Revista eletrônica Pesquisa e Tecnologia** 7: 1-7. Disponível em: http://www.aptaaregional.sp.gov.br/artigo.php?id_artigo=714.

TIVELLI, Sebastião Wilson et al. Desempenho do quiabeiro consorciado com adubos verdes eretos de porte baixo em dois sistemas de cultivo. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 483-488, 2013. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-05362013000300023&script=sci_arttext

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE,
ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA
DE CULTIVO E HISTOLOGIA DE PEIXES PROVENIENTES
DE PISCICULTURAS NO MUNICÍPIO DE TUTÓIA, MA**

Nathália Medeiros Guimarães¹

Rebeca Ramos Souza²

Natália Jovita Pereira³

Ingrid Tayane Vieira da Silva do Nascimento⁴

Thiago Anchieta de Melo⁵

Débora Martins Silva Santos⁶

Ilka Márcia Ribeiro de Souza Serra⁷

INTRODUÇÃO

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação, o Estado Mundial da Pesca e Aquicultura (SOFIA) estima que o país deva registrar um crescimento de 104% na produção da pesca e aquicultura em 2025 (FAO, 2016).

Embora o crescimento na piscicultura seja promissor, a sua produção intensa pode favorecer condições estressantes aos peixes, devido a grande quantidade de resíduos metabólicos gerados, excesso de rações e pouca renovação da água, assim como outros

¹ Graduada em Ciências Biológicas, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA).

² Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade (PPGECB/UEMA).

³ Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Recursos Aquáticos e Pesca (PPGRAP/UEMA).

⁴ Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Recursos Aquáticos e Pesca (PPGRAP/UEMA).

⁵ Professor Doutor do Curso de Ciências Biológicas (CCB/UEMA), Departamento de Biologia/CECEN.

⁶ Professora Doutora do Curso de Ciências Biológicas (CCB/UEMA), Departamento de Biologia/CECEN.

⁷ Professora Doutora do Curso de Ciências Biológicas (CCB/UEMA), Departamento de Biologia/CECEN.

fatores. A persistência dessas condições, pode comprometer processos fisiológicos importantes e resultar na redução de crescimento, inibição da reprodução, diminuição da resistência a doenças e até levar a morte do organismo (CECCARELLI *et al.*, 2000; KUBITZA, 2000; BUENO *et al.*, 2015).

Garantir a qualidade da água é imprescindível nas pisciculturas. Para tanto, o conhecimento dos fatores abióticos relacionados ao estado da água destes locais pode garantir um monitoramento eficaz da produção em cultivo, sendo estes: a temperatura, transparência, oxigênio dissolvido, pH, amônia e nitrito, por exemplo. Estes fatores podem fornecer respostas do ambiente como uma forma de avaliar como ele está se comportando, causas de mortalidade e dificuldades de crescimento da produção que interferem de forma decisiva na produtividade do sistema (LEIRA *et al.*, 2016).

As causas de estresses em peixes são inevitáveis de acontecerem, sobretudo quando dizem respeito às condições ambientais que estão sendo influenciadas no local. Estes fatores são visualmente perceptíveis quando são refletidos na homeostasia destes animais, o que podem culminar, conseqüentemente, em uma predisposição ao ataque de organismos patogênicos, pois deixam os peixes mais suscetíveis e vulneráveis (DIAS *et al.*, 2008).

A sanidade e bem-estar dos peixes sofre influência de vários fatores que podem afetar diretamente o seu rendimento e,

consequentemente, a produção destes na piscicultura. Alguns dos principais impactos encontrados nestes locais estão presentes, por exemplo, na forma de fontes de poluição e utilização de produtos químicos. As fontes de poluição são comumente encontradas ao redor dos viveiros e são consideradas extremamente impactantes aos cultivos (ISHIKAWA *et al.*, 2020).

Diante desse contexto, o uso de biomarcadores em peixes se trata de uma importante ferramenta prática que podem ser utilizados nas pisciculturas sem interferir na rotina destes locais. Estes métodos auxiliam, portanto, na obtenção de respostas sobre a saúde destes organismos, assim como no monitoramento da água onde estes animais estão presentes (ISHIKAWA *et al.*, 2016, ISHIKAWA *et al.*, 2020).

Os biomarcadores histológicos, por sua vez, contribuem com informações importantes sobre o ambiente que o peixe está inserido, sendo os órgãos mais utilizados nesses estudos as brânquias, fígado e rim, pois estão diretamente relacionados a atividades vitais de respiração e metabolização (MARSHALL ADAMS *et al.*, 1992 VAN DER OOST *et al.*, 2003; PEREIRA *et al.*, 2020).

O município de Tutóia, bem como todo o estado do Maranhão, abriga algumas pisciculturas administradas por pequenos produtores e, além de haver poucos estudos que avaliaram a sanidade dos peixes nos criadouros, também não existe qualquer informação sobre a qualidade sanitária desses locais de criação.

A atividade de pesca aos pequenos produtores possui uma relevante importância econômica e social. Por isso, avaliar os parâmetros físico-químico e microbiológico da água nos criadouros de pisciculturas, juntamente com a avaliação histopatológica realizada nos peixes, é essencial para dispor de um manejo economicamente viável aos piscicultores, bem como garantir a qualidade do pescado e seus subprodutos originados.

METODOLOGIA

Área de coleta

O estudo foi realizado no município de Tutóia, Maranhão, que possui uma área de 1.566,080 km², localizado na mesorregião Norte Maranhense e Região de Planejamento dos Lençóis Maranhenses, próximo ao Delta do Rio Parnaíba, com uma distância de aproximadamente 260 km da capital de São Luís (LOUZEIRO, 2016; SANTOS *et al.*, 2016).

As coletas ocorreram em duas pisciculturas localizadas em povoados em pontos de coordenadas distintos: 2°47'31,17", 42°21'25,46 em Tutóia Velha e 2°45'13,14", 42°17'56,41" em Tabual (Figura 1). Por conseguinte, nestes locais foram feitas coletas no mês de janeiro e julho de 2021, totalizando duas amostragens no período chuvoso e estiagem, respectivamente.

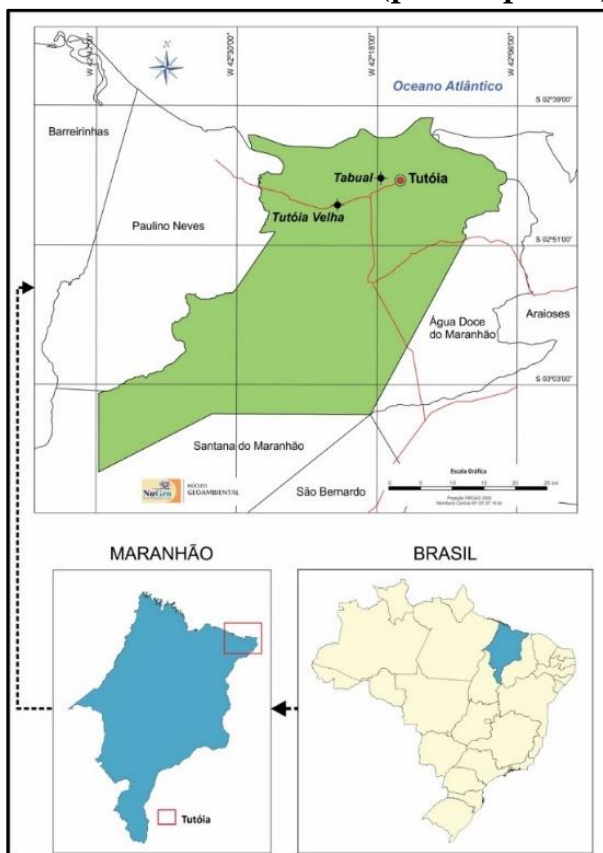
A variação térmica na região, é relativamente pequena, pois a temperatura varia de 22,7° e 31,3°C, inserindo o município em um

clima tropical subúmido, com dois períodos bem definidos, sendo eles: o chuvoso, que compreende os meses de janeiro a junho, concentrando médias mensais com cerca de 237 mm e um período seco, que corresponde aos meses de julho a dezembro (OLIVEIRA *et al.*, 2011; CORREIA FILHO *et al.*, 2011).

Os povoados de Tutóia Velha e Tabual integram a região de Tutóia onde se destaca como polo de produção de peixes no Maranhão, representando um valor de cerca de R\$ 563.500 milhões em produção apenas de alevinos, sendo, portanto, o 3º maior município do estado com essa prática em 2018 (FAO, 2016; VIDAL, 2016).

Para seleção das pisciculturas foi seguido o critério de encontrar criadouros fechados, isto é, que não continham ligação com o meio externo, seja de efluentes provenientes de rios, lagos ou marés. Assim como locais que não abrigavam aparatos tecnológicos nos criadouros. Para tanto, foram visitadas no total 8 pisciculturas, sendo 4 delas no mês de dezembro de 2020 e outras 4 em janeiro de 2021. Deste total, foram escolhidas 2 pisciculturas contendo um criadouro de peixes em cada local, que se encaixaram nos critérios para a realização do estudo, sendo denominadas de ponto 1 (P1) e ponto 2 (P2).

Figura 1. Mapa da região do município de Tutóia (Maranhão), evidenciando os locais de coleta das pisciculturas no povoado de Tutóia Velha e Tabual (pontos pretos).



Fonte: Núcleo GeoAmbiental (NUGEO/UEMA), 2021.

Análises da água de cultivo

Inicialmente, foram analisados os aspectos físico-químicos da água dos criadouros *in situ* com auxílio do multiparâmetro, verificando as seguintes características: potencial hidrogeniônico (pH), temperatura (°C), condutividade elétrica (uS/cm) e oxigênio dissolvido (mg/L). A transparência da água foi verificada através do

Disco de Secchi. Para verificação dos parâmetros de amônia e nitrito, foram utilizados kits colorimétricos Labcon Test para análise do teor de amônia tóxica e nitrito, na qual foram seguidos os protocolos de testes indicado pelo fabricante.

Posteriormente, foi realizada a coleta de amostras de água em cada criadouro em duas garrafas estéreis de 500 mL, correspondendo aos locais P₁ e P₂, onde estas foram armazenadas em gelo para análises microbiológicas com o intuito de determinar o Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais e *Escherichia coli* através do método do teste do substrato enzimático cromogênico (ONPG) e fluorogênico (MUG), comumente conhecido como método Colilert®. As águas coletadas foram levadas ao laboratório de Microbiologia de Alimentos e Água do curso de Medicina Veterinária da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), onde os procedimentos foram realizados pelo laboratório responsável.

As análises microbiológicas da água de cultivo foram feitas no laboratório de Microbiologia de Alimentos e Água, no prédio de Medicina Veterinária da UEMA, na qual seguiram o seguinte protocolo: foi retirado 10 ml da amostra de água da piscicultura e transferida para proveta esterilizada onde foi acrescentado 90 ml de água esterilizada. Em seguida, foi adicionado o reagente colilert e agitado até sua completa dissolução. Foram transferidos os 100 ml para uma cartela colilert estéril e inserida em suporte selador para

selagem. As cartelas foram mantidas em estufa a 37°C por 24h para posterior leitura.

Após o período de incubação foi feita a observação e contagem dos valores positivos para coliformes totais (coloração amarela) dos quadrados grandes e dos quadrados pequenos. Em seguida, cada cartela foi submetida a luz UV para observação de resultados positivos para *E. coli* (luminescência azul). A leitura do resultado foi realizada a partir da tabela disponibilizada pelo fabricante do método colilert.

Coleta das amostras de peixes

Os peixes foram capturados com o auxílio de rede de arrasto na piscicultura P1, na qual foram obtidos 10 espécimes de indivíduos adultos de tilápias. Em P2, o produtor utilizou a arte de pesca de tarrafa para retirar os peixes dos criadouros, sendo obtidos neste local 10 amostras de peixes juvenis e adultos, sendo 5 tilápias e 5 pemas.

No próprio local os peixes foram identificados individualmente e analisados possíveis sinais macroscópicos de alterações morfológicas. Em seguida, foram depositados em caixas de isopor contendo gelo para seu armazenamento. Os materiais biológicos foram transportados para o Laboratório de Microbiologia da Universidade Estadual do Maranhão para seus processamentos e análises.

Análise histológica

Para análise histológica, o arco branquial direito de cada peixe coletado foi escolhido como forma de padronização para o presente estudo. Desta forma, estes foram removidos e fixados imediatamente em formalina a 10% por 24 a 48 horas. Em seguida, as amostras foram submetidas a etapa de clivagem, com objetivo de diminuir o tamanho das brânquias e, posteriormente, descalcificadas em ácido nítrico a 10%.

Os materiais biológicos obtidos foram submetidos ao processamento histológico, sendo realizado as seguintes etapas: desidratação, diafanização e impregnação. A desidratação ocorreu em banho de álcoois crescentes (70%, 80%, 90% e 100%) e a diafanização utilizou-se o xilol. Após estes processos, ocorreu a impregnação e inclusão das amostras em parafina histológica). Os blocos foram cortados em micrótomo (5µm) e os cortes corados com hematoxilina e eosina (LUNA, 1968). As lâminas foram analisadas em microscópio de luz Zeiss.

Análise dos dados

As alterações histológicas foram avaliadas qualitativamente para cada peixe pelo cálculo do Índice de Alteração Histológica (IAH) através da fórmula: $IAH = 1 \times \sum I + 10 \times \sum II + 100 \times \sum III$, sendo que I, II e III correspondem respectivamente ao número de alterações de estágio I, II e III. Alterações de estágio I se baseiam em alterações que

não comprometem o funcionamento do órgão; II refere-se às alterações mais severas e que prejudicam o funcionamento normal do órgão e III, são consideradas severas e irreversíveis.

Posteriormente dividiu-se o valor médio de IAH em cinco categorias, sendo elas: 0-10 = indica funcionamento normal do órgão; 11-20 = alteração leve do órgão; 21-50 = alteração moderada do órgão; 51-100 = alterações severas do órgão; >100 = alterações irreparáveis do órgão (POLEKSIC & MITROVIC – TUTUNDZIC, 1994).

RESULTADOS

Para análise e interpretação dos dados físico-químicos foram seguidas as recomendações da Resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, em especial para as águas doces que são destinadas à aquicultura e atividade de pesca, que estão inseridas como objeto de estudo na presente pesquisa. Da mesma forma, foi utilizada a Resolução n° 430, de 13 de maio de 2011 que completa e instrui a gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores. Além disso, foram seguidos os valores aceitáveis para alguns parâmetros físico-químicos conforme a classificação de autores na literatura.

Os parâmetros físico-químicos das águas analisadas *in situ* (Tabela 1) evidenciaram que a piscicultura de P1 e P2 apresentaram uma variação de temperatura que corresponde ao valor permitido

segundo a Resolução do CONAMA Brasileiro Nº 357 de 17 de março de 2005 (CONAMA, 2005), na qual evidencia que esta permeia entre os valores de 26 a 32° C, pois nessa faixa assegura os peixes não serem afetados no seu crescimento e engorda, assim como é observado para a maior parte dos peixes tropicais (LIMA *et al.*, 2014).

As concentrações de ácidos e bases que determinam a concentração de potencial hidrogeniônico (pH) na água evidenciaram que em ambos os pontos medidos em P₁ e P₂ apresentaram valores permitidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, isto é, entre 6-9. Isso demonstra que algumas atividades exercidas nestas pisciculturas, tais como a respiração, fotossíntese, adubação, calagem e poluição (LEIRA *et al.*, 2016, SIPAÚBA-TAVARES, 2018), provavelmente não estão interferindo na mudança de pH dos locais amostrados.

A concentração de oxigênio dissolvido (O.D.) encontrada em ambas pisciculturas nos períodos amostrados são de valores muito abaixo da recomendação proposta pela Resolução CONAMA 357/2005 (CONAMA, 2005) de >4,5 mg.L. A avaliação de O.D. nas pisciculturas é um dado imprescindível para analisar, pois está intrinsecamente relacionado ao gás mais importante aos peixes. Além disso, este parâmetro está correlacionado com outros fatores abióticos presentes nos criadouros de peixes, como a temperatura, na qual a concentração de oxigênio varia conforme seu valor; assim

como a pressão atmosférica e a salinidade da água que dependem da solubilidade deste gás (LEIRA *et al.*, 2016).

O O.D. dissolvido encontrado na piscicultura P₁, com a concentração mais baixa (1,8 mg.L⁻¹), está provavelmente associado à morte dos peixes relatados e encontrados pelos produtores. Este fator é bastante preocupante, pois tem sido recorrente a presença desses animais encontrados nesse estágio, o que pode impactar de forma significativa a qualidade dos animais, além de deixá-los suscetíveis ao ataque de organismos patogênicos e ocasionar a redução da economia e produção local.

A transparência presente na coluna d'água nas pisciculturas é um fator que afeta os peixes, mas não é considerado tóxico para eles. De forma geral, águas muito claras nas pisciculturas costumam indicar que nelas não há produtividade primária suficiente para os peixes se alimentarem, assim como para produzir oxigênio no local onde estão inseridos (DO AMARAL *et al.*, 2020). Somente na coleta 1 de P₂ que foi observado um valor abaixo do recomendado de 30 a 60 cm, sendo verificado a transparência de 15 cm neste criadouro no período amostrado.

Tabela 1. Dados dos parâmetros abióticos coletados nas pisciculturas de Tutóia, Maranhão.

| Parâmetros abióticos e microbiológicos | Pisciculturas | | | | Valores recomendados |
|--|---------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|
| | P1 | | P2 | | |
| | Coleta 1 | Coleta 2 | Coleta 1 | Coleta 2 | |
| Temperatura (°C) | 27,3 | 28,7 | 28 | 28,7 | 26 – 30 °C ^a |
| pH (ppt) | 7,5 | 8,0 | 6,6 | 8 | 6,5 – 8 ^a |
| O.D (mg.L ⁻¹) | 1,8 | 2,4 | 2 | 2,4 | >4,5 mg.L ^{-1b} |
| Condutividade (uS/cm) | 155,6 | 528 | 171 | 528 | <100 uS/cm ^c |
| Transparência (cm) | 42 | 31 | 15 | 31 | 30 – 60 ^d |
| Amônia (mg/L) | 0 | 0 | 3,5 | 0 | <0,05 mg/L ^e |
| Nitrito (ppm) | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 1,0 | 0 ^e |
| Coliformes totais (100 ml) | 24.196 | 24.196 | 24.196 | 24.196 | - |
| <i>Escherichia coli</i> (100 ml) | 84 | 862 | 862 | 41 | <1.000 ^f |

^a SENAR, 2019; Resolução CONAMA Nº 357/2005

^b KUBITZA, 2017

^c HURTADO et al., 2018

^d FARIAS; MORAIS, 2018; LABCON TEST

^e LABCON TEST

^f Resolução CONAMA Nº 357/2005

Fonte: Elaboração dos autores, 2021.

Os valores de amônia tóxica encontrados em ambos os pontos amostrados estavam dentro do teor recomendado, exceto em P2 na coleta 1, onde apresentou 3,5 mg/L. Segundo Pereira e Mercante (2018) concentrações de amônia tóxica de 0,02 mg/L, como o teor

encontrado em P₂, expostas de forma contínua aos peixes ou até mesmo frequente, podem causar problemas severos aos peixes, tais como elevada irritação e inflamações nas brânquias.

Na coleta 1 de P₁ não foi possível realizar a leitura do teor de amônia tóxica encontrada na água, pois os valores tabelados pelo fabricante Labcon Test não possuem faixa de pH de 7,5 e temperatura de 27°C, valores encontrados para esta piscicultura, o que impossibilitou fornecer o teor de amônia tóxica presente neste criadouro.

A condutividade vista como ideal varia de acordo com a espécie e o clima, mas em geral para produção de peixes é até 100 uS/cm (HURTADO *et al*, 2018) em ambas as coletas foi verificado valores acima do recomendado, possivelmente indicando poluição da água nos criadouros. Segundo Hurtado (2018) este parâmetro mede a capacidade da água em conduzir corrente elétrica e está relacionada diretamente à concentração de íons, com a decomposição de matéria orgânica e tem como objetivo obter um parâmetro para quantidade de nutrientes disponíveis ou mesmo indicativo de poluição na água.

Em relação aos parâmetros biológicos, que dizem respeito a análise microbiológica da água, a Resolução CONAMA 357/2005 define que a quantidade de coliformes termotolerantes e de coliformes fecais para águas de classe II destinadas a aquicultura seja de 1.000 coliformes para 100 mL de água, embora não se tenha um

valor estabelecido pela resolução. Para tanto, em P₁ as amostras de água analisadas apresentaram qualidade satisfatória, portanto, atenderam aos padrões permitidos pela legislação vigente.

Em P₁ foi determinado a presença de 24.196/100 mL Coliformes Totais pelo Número Mais Provável (NMP) em ambas as coletas e a presença de 84 e 862/100 mL de *E. coli*, na coleta 1 e 2, respectivamente, indicando qualidade satisfatória e atendendo aos valores permitidos pela resolução vigente.

Em P₂ na coleta 1, a quantidade determinada ultrapassou os padrões estabelecidos de *E. coli* pela Resolução CONAMA 357/2005, sendo considerada a qualidade da água como insatisfatória. Muito provavelmente essa contaminação está associada a fossa séptica observada próximo ao criadouro de peixes no local, com menos de 2m de distância da piscicultura.

As análises histopatológicas indicaram alterações morfológicas nas brânquias dos peixes analisados (Figura 2). Essas alterações podem ser referentes a baixa qualidade da água da piscicultura, ao manejo inadequado, competição por espaço e alimentação, concentração de matéria orgânica, elementos químicos, presença de microrganismos e acúmulo de resíduos metabólicos dos animais (BARBIERI *et al.*, 2014). Peixes em situação de estresse podem responder morfológicamente através de alterações histológicas que, por muitas vezes, podem ser irreversíveis (POLEKSIC; MITROVIC-TUTUNDZIC, 1994).

As alterações observadas no presente estudo evidenciaram lesões no estágio I, II e III segundo a classificação de Poleksić e Mitrović-Tutundžić (1994), seguindo os graus de leve, moderado e severo, respectivamente (Tabela 2).

Estudos histopatológicos são aplicados no diagnóstico da saúde dos peixes, especialmente para os peixes cultivados (MARTINS *et al.*, 2015), possibilitando a avaliação do efeito de estressores em peixes de piscicultura (DO NASCIMENTO *et al.*, 2021). Os espécimes de capturados na piscicultura de Tutóia apresentaram alterações histopatológicas relacionadas a distúrbios de osmorregulação e de circulação sanguínea, diminuindo a superfície de contato entre água e sangue dos peixes, como foi observado também por Nascimento *et al.* (2021) em *Oreochromis sp.* cultivados.

As alterações histológicas de estágio I hiperplasia do epitélio lamelar, fusão incompleta e completa de várias lamelas, congestão vascular, levantamento do epitélio respiratório e dilatação do seio sanguíneo foram as mais frequentes observadas nos peixes coletados, podendo ser reversíveis caso estes deixem de ser submetidos a situações de estresse (POLEKSIC; MITROVIC-TUTUNDZIC, 1994). Elas causam desestruturações nos epitélios respiratórios e lamelares que podem interferir em estruturas do fluxo sanguíneo (CAMARGO; MARTINEZ, 2007) e conseqüentemente aumentam a distância do meio externo do sangue e a difusão de substâncias estressoras (BARNI *et al.*, 2016).

Foram observadas ainda as alterações histológicas de estágio II: hiperplasia e hipertrofia das células de muco, espessamento do tecido proliferativo e rompimento do sistema de células pilares. A produção e o aumento das células de muco atuam no mecanismo de defesa orgânica do animal, devido a suas propriedades antimicrobianas, pela ação de lisozimas, anticorpos e ácidos graxos (ROBERTS, 2001). Assim, a hiperplasia e hipertrofia das células de muco observadas em P₁ e P₂ podem ser uma reação direta a presença de parasitos nos espécimes de *Oreochromis* sp., que também foram encontrados em maior percentual em P₂ e a presença de bactérias do grupo coliformes totais, encontradas em altas concentrações nesta piscicultura.

O rompimento do sistema de células pilares aumenta o fluxo sanguíneo que se direciona para o interior das lamelas secundárias podendo causar as congestões dos vasos sanguíneos (PAULINO *et al.*, 2012), que podem progredir para aneurismas lamelares, que foi a alteração histológica mais grave observada nos espécimes de P₁ e P₂, sendo considerada uma histopatologia de estágio III, severa e irreversível (POLEKSIC; MITROVIC-TUTUNDZIC, 1994).

Tabela 2. Frequência (%) das lesões branquiais encontradas nos peixes provenientes de pisciculturas em Tutóia, Maranhão.

| Estágios | Lesões histológicas nas brânquias | Pisciculturas (%) | | | |
|-----------|---|-------------------|----------|----------|----------|
| | | P1 | | P2 | |
| | | Coleta 1 | Coleta 2 | Coleta 1 | Coleta 2 |
| Estágio I | Levantamento do epitélio respiratório | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | Congestão dos vasos sanguíneos | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | Desorganização das lamelas | 80 | 33,3 | 0 | 0 |
| | Hiperplasia do epitélio lamelar | 100 | 100 | 80 | 100 |
| | Fusão incompleta de várias lamelas | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | Fusão completa de várias lamelas | 80 | 100 | 33,3 | 40 |
| | Dilatação do seio sanguíneo | 80 | 100 | 33,3 | 50 |
| | Hipertrofia do epitélio respiratório | 20 | 0 | 0 | 0 |
| | Parasito | 0 | 0 | 40 | 0 |

| | | | | | |
|------------|--|-------------------|-----|-----|----|
| Estágio II | Hiperplasia e hipertrofia das células de muco | 80 | 100 | 100 | 80 |
| | Fusão completa de todas as lamelas | 0 | 0 | 20 | 0 |
| | Espessamento descontrolado do tecido proliferativo | 20 | 20 | 20 | 0 |
| | Rompimento das células pilares | 0 | 0 | 20 | 0 |
| | Estágio III | Aneurisma lamelar | 20 | 0 | 20 |

Fonte: Elaboração dos autores, 2021.

Um aneurisma é caracterizado pelo grande acúmulo de sangue nas lamelas secundárias, formando uma estrutura em formato arredondado contendo eritrócitos decorrentes de hemorragia causada pela ruptura completa das células pilares (MARTINEZ, 2012). Segundo Tancredo *et al.* (2016), aneurismas lamelares estão presentes em peixes expostos a condições estressantes, em que, quando muitas lamelas apresentam essa alteração, a função respiratória pode diminuir especialmente em temperaturas altas, quando os níveis de oxigênio são baixos, como observados na piscicultura, e a demanda metabólica é alta.

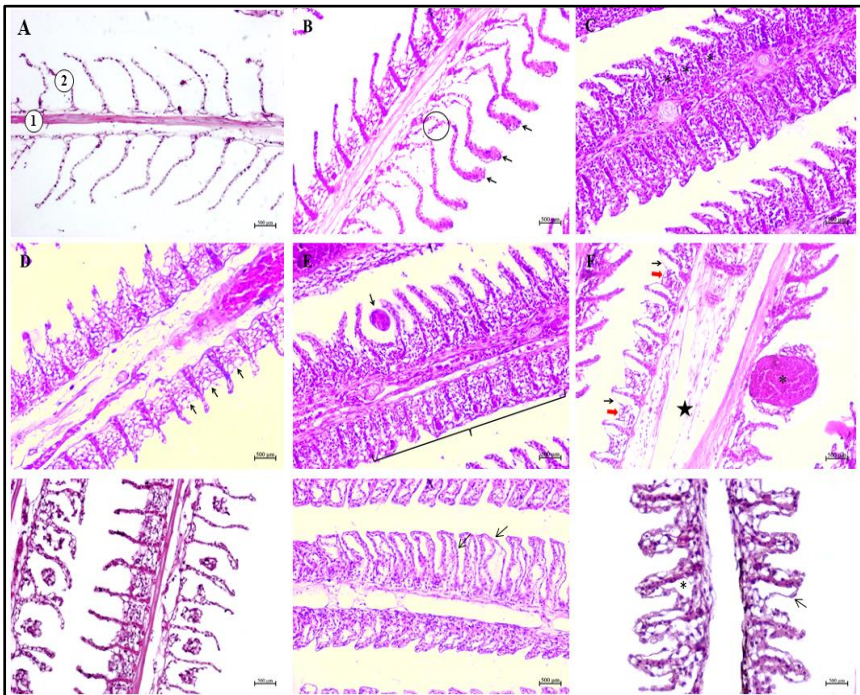
A dilatação do seio sanguíneo também está associada a disfunções de estruturas sanguíneas observadas nos espécimes de *Oreochromis sp.*, em que ocorre o aumento da espessura da lamela

primária e, conseqüentemente, a desestrutura do vaso sanguíneo central (CAPALDO *et al.*, 2019).

Os Índices de Alteração Histológica, que indicaram alterações moderadas em P₁ (39,8) e leve em P₂ (15,9) nas brânquias, advertem que os peixes analisados em ambas as pisciculturas estão reagindo a estressores, podendo afetar o fluxo de oxigênio, gás carbônico, eletrólitos, água, amônia e íons hidrogênio entre o sangue dos peixes e o ambiente artificial que vivem (SCHWAIGER *et al.*, 1997).

Os valores indicam que em P₁ estas lesões podem se desenvolver em alterações severas se não houverem medidas de controle no local para minimizar os danos que estão sendo causados aos peixes. Da mesma forma ocorre para P₂, os valores possivelmente indicam que os danos absorvidos pelos peixes de cultivo não estão sendo suficientes para alterar a morfologia das suas brânquias. No entanto, estas lesões de estágio I podem progredir para estágio II, se ocorrerem modificações no ambiente de forma negativa para saúde dos peixes em cultivo.

Figura 2. Fotomicrografias de brânquias dos peixes capturados na piscicultura de Tutóia, Maranhão, Brasil. A- Filamento branquial sem alteração, evidenciando em 1) lamela primária e 2) lamela secundária; B- congestões vasculares (setas) e rompimento do sistema de células pilares (círculos), C - hiperplasia do epitélio lamelar (*) causando fusão das lamelas secundárias; D- hiperplasia e hipertrofia das células de muco (setas) e dilatação do seio sanguíneo (estrela); E- parasito (seta) e fusão completa da lamelas secundárias; F- Aneurisma lamelar (*), dilatação do seio sanguíneo (estrela), levantamento do epitélio lamelar (setas pretas) e hiperplasia do epitélio lamelar (setas vermelhas); G- Espessamento descontrolado do tecido proliferativo; H- Levantamento do epitélio lamelar (setas) e I- Células de muco (*). Coloração HE. Aumento de 400x.



Fonte: Elaboração dos autores, 2021.

CONCLUSÃO

Os biomarcadores histológicos identificados nas brânquias de tilápias, tambaquis e pemas, bem como as análises da água verificadas nas pisciculturas em Tutóia (MA) de P₁ e P₂, indicam que os peixes estão sendo afetados pela qualidade da água nos criadouros, verificado lesões moderadas e leves nas brânquias dos peixes, assim como alguns parâmetros físico-químicos e microbiológicos acima dos valores recomendados pela legislação e literatura. Por conseguinte, estudos em pisciculturas avaliando a sanidade dos peixes e a água dos criadouros são fundamentais para avaliar a sanidade, qualidade e comercialização do pescado.

Portanto, os resultados inéditos da presente pesquisa podem fornecer subsídios para os pequenos produtores aprimorarem a qualidade dos peixes de cultivo e consequente comercialização local, face a escassez de estudos com biomonitoramento de peixes em pisciculturas no Maranhão.

REFERÊNCIAS

BARBIERI, E., Marquez, H. L. D. A., Campolim, M. B., & Salvarani, P. I. (2014). Avaliação dos Impactos ambientais e socioeconômicos da aquicultura na região estuarina-lagunar de Cananéia, São Paulo, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, 14(3), 385–398. <https://doi.org/10.5894/rgci486>

BARNI, M. F. S.; ONDARZA, P. M.; GONZALEZ, M.; DA CUÑA, R.; MEIJIDE, F.; GROSMAN, F.; MIGLIORANZA, K. S. Persistent organic pollutants (POPs) in fish with different feeding habits inhabiting a

shallow lake ecosystem. **Science of the Total Environment**, v. 550, p. 900-909, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.176>

BRASIL, I. B. G. E. Produção da Pecuária Municipal. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)**, 2010.

BRASIL. Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: <www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 2 fev. 2021.

BUENO, Guilherme W., et al. Implementation of aquaculture parks in Federal Government waters in Brazil. **Reviews in Aquaculture**, 2015, 7.1: 1-12.

CAMARGO MM, Martinez CB (2007). Histopathology of gills, kidney and liver of a Neotropical fish caged in an urban stream. **Neotropical Ichthyology** 5(3):327-336.

CAPALDO A, Gay F, Laforgia V (2019) Changes in the gills of the European eel (*Anguilla anguilla*) after chronic exposure to environmental cocaine concentration. **Ecotoxicology and Environmental Safety** 169:112-119. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.11.010>

CECCARELLI, Paulo Sergio; SENHORINI, J. A.; VOLPATO, Gilson. Dicas em piscicultura; perguntas e respostas. Santana Gráfica Editora, 2000. **Central**, v. 2, n. 47E, 2011.

CORREIA FILHO, Francisco Lages et al. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: estado do Maranhão: relatório diagnóstico do município de Aldeias **Altas**. CPRM, 2011.

DIAS, P. G., Furuya, W. M., Pavanelli, G. C., Machado, M. H. & Takemoto, R. M. 2008.

Carga parasitária de Rondonia rondoni, Travassos, 1920 (Nematoda, Atractidae) e fator de condição do armado, *Pterodoras granulosus*, Valenciennes, 1833 (Pisces, Doradidae). **Acta Scientiarum Biological Sciences**, 26, 151-156

DO AMARAL, Matheus Antonio et al. Qualidade de água como alicerce para a produção sustentável de peixes à pequenos produtores. **Realização**, v. 7, n. 13, p. 131-144, 2020.

DO NASCIMENTO, Ingrid Tayane Vieira da Silva et al. Quality of water from fish farms and histopathological analysis of tilapia (*Oreochromis* sp.) in São José de Ribamar and Paço do Lumiar, state of Maranhão, Brazil. **Aquaculture Research**, v. 52, n. 9, p. 4217-4226, 2021.

ISHIKAWA, M. M. et al. Uso de biomarcadores em peixe e boas práticas de manejo sanitário para a piscicultura. **Embrapa Meio Ambiente-Documentos** (INFOTECA-E), 2020.

ISHIKAWA, M. M.; SILVA, M. S. G. M. e; PÁDUA, S. B. de; OLIVEIRA, J. A.; DIAS, D. V. L.; SOUZA, B. H. Procedimentos básicos para monitoramento da parasitofauna de peixes. Jaguariúna: **Embrapa Meio Ambiente**, 2016. 5 p. il. (Embrapa Meio Ambiente. Circular Técnica, 24).

KUBITZA, F.; KUBITZA, L. M. M. Tilápias: qualidade da água, sistemas de cultivo, planejamento da produção, manejo nutricional e alimentar e sanidade–Parte 2. **Revista Panorama da Aqüicultura**, 2000, 60.10: 31-53.

LEIRA, Matheus Hernandez et al. Qualidade da água e seu uso em pisciculturas. **PUBVET**, v. 11, p. 1-102, 2016.

LIMA, A. F., DA SILVA, A. P., RODRIGUES, A. P. O., EMBRAPA, P. E. A., BERGAMIN, G. T., TORATI, L. S., FILHO, M. X. P., & MACIEL, P. O. (2014). Qualidade da Água: Piscicultura Familiar. **Journal of**

Chemical Information and Modeling.

<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

LOUZEIRO, A. dos S., 2016. O Plano de Gestão da Área de Proteção Ambiental do Delta do Parnaíba no contexto do município de Tutóia – MA (Brasil). **Revista de Geociências do Nordeste**, 2, pp.810–820. Available at: <http://dx.doi.org/10.21680/2447-3359.2016v2noid10529>.

LUNA LG (1968) Manual of histologic staining methods of the armed forces institute of pathology, 3rd edn. **McGrawHill**, New York, NY.

MARTINS, Maurício Laterça. **Manejo sanitário na piscicultura**. Ranzani-Paiva, MJT; Takemoto, RM, p. 323-332, 2004.

PAULINO MG, Souza, NES, Fernandes MN (2012) Subchronic exposure to atrazine induces biochemical and histopathological changes in the gills of a Neotropical freshwater fish, *Prochilodus lineatus*. **Ecotoxicology and environmental safety**, 80:6-13. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2012.02.001>

OLIVEIRA, Wellington Romão; DE VASCONCELOS FROTA, Patrícia. Caracterização socioambiental do município de Tutóia–Maranhão. **Revista Geográfica de América Central**, v. 2, n. 47E, 2011.

PEREIRA, Lilian; MERCANTE, Cacilda. A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água. Uma revisão. **Boletim do Instituto de Pesca**, [S.l.], v. 31, n. 1, p. 81-88, jul. 2018. ISSN 1678-2305.

PEREIRA, Natália Jovita et al. Biomarcadores histológicos em brânquias de peixes na avaliação da contaminação ambiental do rio Mearim, nordeste brasileiro. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 68063-68079, 2020.

POLEKSIĆ, V.; MITROVIĆ-TUTUNDŽIĆ, V. **Fish gills as a monitor of sublethal and chronic effects of pollution. Sublethal and chronic effects of pollutants on freshwater fish.** p.339-52, 1994.

ROBERTS, Callum M. et al. Designing marine reserve networks why small, isolated protected areas are not enough. **Conservation in Practice**, v. 2, n. 3, p. 10-17, 2001.

SANTOS, Karlla Fabianna Lima, and Antonio José De Araújo Ferreira. "A PRODUÇÃO E CONSUMO DO ESPAÇO TURÍSTICO NO MUNICÍPIO DE TUTÓIA (MARANHÃO)." **Espaço e Cultura** no. 40 (December 11, 2016): 113-132. doi:10.12957/espacoecultura.2016.41902.

SCHWAIGER, Julia et al. The use of histopathological indicators to evaluate contaminant-related stress in fish. **Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery**, v. 6, n. 1, p. 75-86, 1997.

SIPAÚBA-TAVARES, Lúcia Helena; CELESTE, Cíntia Costa; DE SOUZA BRAGA, Francisco Manoel. Efeito do óxido de cálcio sobre variáveis limnológicas em viveiros de criação de *Piaractus mesopotamicus* (pacu) e *Colossoma macropomum* (tambaqui). **Boletim do Instituto de Pesca**, 2018, 32.2: 191-198.

VAN DER OOST, Ron; BEYER, Jonny; VERMEULEN, Nico PE. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. **Environmental toxicology and pharmacology**, 2003, 13.2: 57-149.

VIDAL, M. F. Panorama da piscicultura no Nordeste. **Caderno Setorial Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste/BNB**, v. 1, n. 3, nov. 2016.

**AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DOS NITRITOS NO
HOMOGENEIZADO DO *Coriandrum sativum* (COENTRO)
CULTIVADOS NA PRESENÇA DA CEFALEXINA.**

Sandra Fernanda Loureiro de Castro Nunes¹

Carla Regeane Ferreira Guimarães²

Maria Célia Pires Costa³

INTRODUÇÃO

No Brasil, os medicamentos não utilizados, por motivos de sobras de tratamentos farmacológicos ou de vencimento, são descartados de forma inadequada e de certa maneira, a maioria da população realiza o descarte dos medicamentos no lixo comum, na pia ou no vaso sanitário contaminando a rede de esgoto. Além disso, grande parte dos usuários de medicamentos nunca procurou saber a forma correta do descarte, indicando a necessidade da introdução de uma educação ambiental eficiente no Brasil (ALMEIDA *et al*, 2019).

De certa maneira, os produtos farmacêuticos são contaminantes biologicamente ativos, porque são continuamente introduzidos ao meio ambiente em volumes que são comparáveis ao total de cargas dos pesticidas (BRAIN *et al*, 2008). O antibiótico cefalexina tem espectro de ação Gram Positivo e algumas bactérias Gram-Negativas e caracteriza-se por possuir um anel β -lactâmico sendo amplamente utilizado no tratamento de infecções urinárias e faringites. Pelo fato de ser um composto químico que apresenta três

¹ Professora do Departamento de Biologia da UEMA; orientadora.

² Graduanda do Curso de Ciências Biológicas da UEMA; Bolsista PIBIC/FAPEMA.

³ Professora do Departamento de Biologia da UEMA; colaboradora.

moléculas de nitrogênio e enxofre em sua fórmula ($C_{16}H_{17}N_3O_4S$). (AMATO NETO *et al*, 2007). Esses dois compostos podem influenciar na contaminação da água e do solo.

Vale ressaltar que uma legislação está relacionada a essa problemática, sendo também a mais conhecida, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), criada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). A PNRS estabelece que o setor produtivo, usuários e poder público têm responsabilidade compartilhada na definição do destino correto aos produtos e bens de consumo, ao final de sua vida útil. De acordo com a política, o país terá regras para lidar com os resíduos que puderem ser reciclados e os rejeitos que antes poluíam o meio ambiente, como os medicamentos, passarão a ser tratados de forma ambientalmente adequada (BRASIL, 2014).

Em particular, quando inseridos em pequenas quantidades no meio ambiente, os medicamentos são considerados uma categoria única de poluentes, devido às suas características físico- químicas especiais, bem como seu comportamento e destino que não podem ser simulados com outros contaminantes orgânicos químicos (FATTA- KASSINOS *et al*, 2011).

Estes resíduos vão para as redes de tratamento de esgoto, que depois chegam aos rios, lagos, mares e solos. Isto acontece porque os processos de tratamento existentes não conseguem eliminar completamente alguns tipos de substâncias químicas, o que coloca o

uso racional dos medicamentos também em uma perspectiva ecológica, uma vez que podemos deixar menos resíduos de medicamentos nas áreas sanitárias (FENAFAR, 2011). Tendo em conta que os resíduos dos medicamentos se acumulam nos corpos hídricos e no solo e podem ainda chegar facilmente aos alimentos consumidos pelo homem, principalmente os de origem vegetal, dando ênfase aos que são ingeridos *in natura*, como a maioria das verduras e legumes. Esse tipo de contaminação põe em destaque questões de preservação e descarte correto desses medicamentos, especialmente quando se tem uma população crescente que necessita de recursos (água potável e alimentos) e está sujeita a riscos de saúde devido a contaminação da água. A partir disso, justifica-se a importância de pesquisas nesse campo (MEDEIROS *et al*, 2014).

Seguindo esse contexto avaliamos se ocorrem alterações nos níveis de nitratos no sobrenadante do extrato aquoso do coentro (*Coriandrum sativum*). Verdura comumente utilizada pela população para temperar pratos típicos, principalmente na região Nordeste do Brasil, onde a culinária regional utiliza de forma muito significativa este tempero, dando um sabor característico às suas receitas.

OBJETIVOS

Geral

Quantificar os nitritos nas folhas e talos do coentro (*Coriandrum sativum*) regados com o antibiótico cefalexina 500 mg.

Específicos

Avaliar se ocorrem alterações macroscópicas nas folhas do coentro.

Quantificar os nitritos em amostras de *Coriandrum sativum* (coentro) na presença do antibiótico cefalexina 500mg.

Analisar se a rega com o antibiótico será capaz de alterar os níveis de nitritos quando comparados com o grupo controle regados com água.

METODOLOGIA

Área de estudo

As amostras em estudo, foram plantadas em vasos com 1 quilo de substrato conforme determina o protocolo. Foram feitos um total de 5 plantios em épocas diferentes. Após 28 dias do plantio das sementes, iniciou-se a fase teste das amostras que foram selecionadas aleatoriamente, por sorteio, para todos os grupos.

Nos cinco plantios dois vasos do grupo de controle foram regados apenas com água, e outros dois vasos testes foram regados com uma solução em que uma cápsula de cefalexina 500 mg foi dissolvida em 160ml de água e posteriormente foi dividido na quantidade de 80ml para cada vaso, no intervalo de cinco dias consecutivos de rega com antibiótico pela manhã e somente água no final da tarde, nos meses de outubro, novembro, fevereiro, abril e maio.

Todos os vasos foram identificados e regados no mesmo horário pela manhã e à tarde. Antes e após a rega, foi feita a contagem da quantidade de folhas que cada vaso possuía para se ter um comparativo ao final dos testes.

Coleta das amostras

Após o período de realização de testes com o antibiótico, as amostras foram coletadas, separadas em potes devidamente identificados e congeladas até que fosse possível encaminhar as amostras até o Laboratório de Bioquímica e Estudos Ecotoxicológicos do Prédio de Ciências Biológicas (LaBioEcotox) na Universidade Estadual do Maranhão (UEMA).

Realização dos homogeneizados

No LaBioEcotox produziu-se os homogeneizados das amostras na proporção de 0.2% (p/v) em presença de água destilada e posteriormente foram centrifugadas para a obtenção do sobrenadante, que em seguida foi pipetado e transferido para novos tubos eppendorf e logo após congeladas (Figura 1), seguindo a metodologia descrita por POMPELLI *et al* (2013)

Determinação dos Nitritos

Para a determinação dos nitritos as amostras foram descongeladas e centrifugadas novamente por 20 minutos, 3000 rpm

a 12°C. Após a centrifugação retirou-se 200 µl do sobrenadante e acrescentou-se 200 µl do reagente de Griess, colocou-se em incubação no escuro por 10 minutos, após esse tempo foi feita a leitura da absorbância medida no espectrofotômetro no comprimento de ondas de 540 nm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No início do experimento, etapa esta em que os plantios de coentros ainda não haviam sido regados com o antibiótico cefalexina 500mg, observou-se que em todos os plantios tinham aparência saudável, crescimento normal e folhas bem desenvolvidas que variavam em quantidades conforme mostram as Tabelas 1 e 2.

Tabela 1: Quantidade de folhas no primeiro e segundo plantio antes da rega com o antibiótico.

| Vasos | Quantidade total de folhas 1º plantio | Quantidade total de folhas 2º plantio |
|-------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| V1 | 31 | 57 |
| V2 | 46 | 72 |
| V3 | 38 | 63 |
| V4 | 42 | 85 |
| V5 | | 96 |
| V6 | | 98 |

Fonte: Elaboração dos autores

Tabela 2: Quantidade de folhas no terceiro, quarto e quinto plantio antes da rega com o antibiótico.

| Vasos | Quantidade total de folhas 3º plantio | Quantidade total de folhas 4º plantio | Quantidade total de folhas 5º plantio |
|----------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| V ₁ | 49 | 6 | 2 |
| V ₂ | 38 | 7 | 2 |
| V ₃ | 27 | 3 | 5 |
| V ₄ | 53 | 6 | 5 |

Fonte: Elaboração dos autores

Na etapa seguinte do experimento, com a inserção do antibiótico Cefalexina 500mg diluído em 160 ml de água e dividido em 80ml para casa vaso do grupo teste, que foram regados no período de 5 a 7 dias consecutivos no primeiro e segundo plantio, e somente 5 dias consecutivos nos grupos teste do terceiro, quarto e quinto plantios por motivos de melhor aproveitamento das amostras, haja vista que todos os plantios dos grupos testes começaram a apresentar injúrias foliares, como lesões, aparecimento de manchas brancas, ressecamento, morte das folhas e retardo no seu crescimento quando comparados ao grupo controle regados somente com água.

Após os períodos de rega com o antibiótico, observou-se uma diferença significativa na quantidade de folhas mortas ou danificadas onde foi realizada uma nova contagem de folhas das amostras por plantios, como mostra a tabela 3 e 4:

Tabela 3: Quantidade de folhas mortas ou danificadas no primeiro e segundo plantio após a rega com o antibiótico.

| Vasos | Quantidade de folhas danificadas e mortas no 1º plantio | Quantidade de folhas danificadas e mortas no 2º plantio |
|-----------------------|---|---|
| Água V1 | 3 | 0 |
| Água V2 | 5 | 2 |
| Antibiótico 5 dias V3 | 27 | 51 |
| Antibiótico 5 dias V4 | 33 | 65 |
| Antibiótico 7 dias V5 | | 63 |
| Antibiótico 7 dias V6 | | 72 |

Fonte: Elaboração dos autores

Tabela 4: Quantidade de folhas mortas ou danificadas no terceiro, quarto e quinto plantio após a rega com o antibiótico.

| Vasos | Quantidade de folhas danificadas e mortas no 3º plantio | Quantidade de folhas danificadas e mortas no 4º plantio | Quantidade de folhas danificadas e mortas no 5º plantio |
|-----------------------|---|---|---|
| Água V1 | 5 | 8 | 7 |
| Água V2 | 6 | 11 | 4 |
| Antibiótico 5 dias V3 | 16 | 34 | 17 |
| Antibiótico 5 dias V4 | 24 | 42 | 26 |

Fonte: Elaboração dos autores

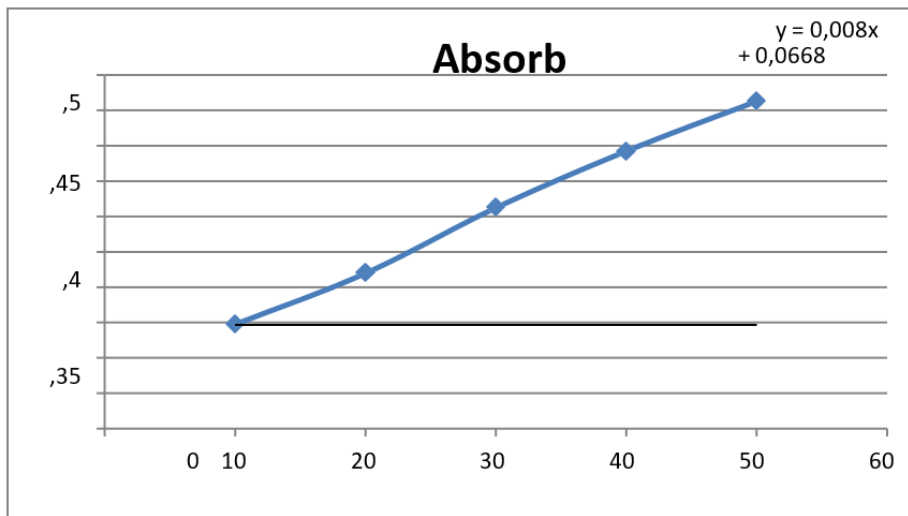
Estudos anteriores realizados no LaBiqFar em folhas de alface regados na presença do antiinflamatório nimesulida apresentaram valores de nitrito estatisticamente maiores quando comparados com o grupo controle regado apenas com água (39,15 $\mu\text{M/L}$ x 4,48 $\mu\text{M/L}$)

(NUNES *et al*, 2019). As pesquisas nas folhas de alface e igualmente em outras hortaliças, comprovou que o nitrato tende a acumular em seus tecidos. Contudo o nitrato por si só não é tão prejudicial à saúde, porém ao ser ingerido uma pequena parte dele é convertido em nitrito (NO_2^-) por redução gastrointestinal ou na saliva bucal. O nitrito recém convertido entra na corrente sanguínea e oxida o ferro ($\text{Fe}_2^+ \rightarrow \text{Fe}^+$) presente na hemoglobina, dando origem ametahemoglobina que por sua vez é inábil ao transporte de oxigênio (O_2) impossibilitando a oxigenação dos tecidos e causando a morte das células por anoxia. A conversão do nitrato em nitrito no próprio tecido vegetal decorrente de fenômenos ambientais também é possível (STERTZ *et al*, 2004).

Uma problemática em questão sobre o excesso de nitrogênio na adubação das verduras é o aumento na concentração de nitrato em suas folhas, que reduz a qualidade da hortaliça e pode dar origem a compostos carcinogênicos caso seja reduzido a nitrato após o consumo (CARVALHO *et al*, 2012).

Para a elaboração da curva padrão de nitrito foram utilizadas substâncias de concentrações conhecidas variando de 10 a 50 $\mu\text{M/L}$. Observando os resultados obtém-se uma curva que se sobrepõe a uma reta linear e a partir disso a equação da reta e o R^2 (coeficiente de determinação) que é igual a 0,9981 (Gráfico 1).

Gráfico 1: Curva padrão do nitrito

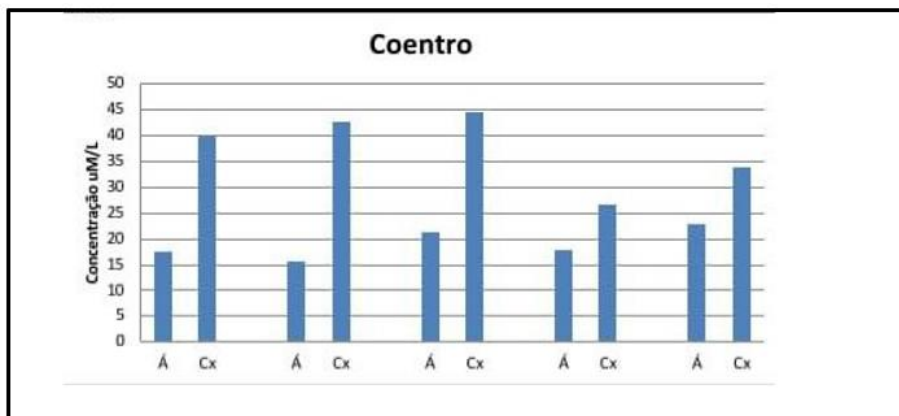


Fonte: Elaboração dos autores

Os efeitos de toxicidade nas plantas aparecem quando alguns de seus constituintes (íons tóxicos) seja da água ou do próprio solo forem absorvidos e se depositem nos tecidos em concentrações altas que possam provocar danos e retardar o seu desenvolvimento (CARVALHO *et al*, 2012).

Nos plantios 1, 2 e 3 podemos observar valores muito altos nos grupos tratados com cefalexina quando comparado com o grupo controle na quantificação dos nitritos. No quarto e quinto plantio os valores foram menores (Gráfico 2). Uma problemática é excesso de nitrogênio no solo das verduras (CARVALHO *et al*, 2012).

Gráfico 2: Índice de nitrito avaliado nos cinco grupos de plantios de coentros.

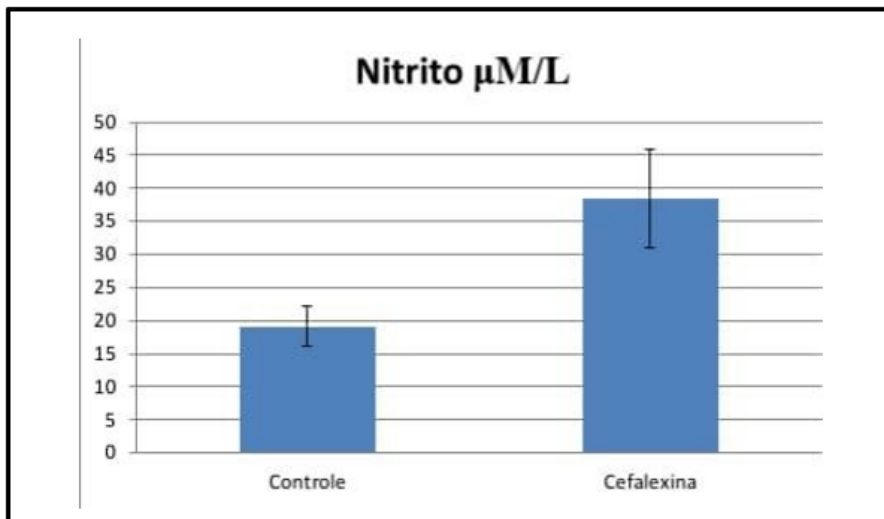


Fonte: Elaboração dos autores

A Organização Mundial para Agricultura e Alimentação e a Organização Mundial da Saúde estabeleceram como admissível a dose diária de 3,65ml o íon nitrato e 0,133mg do íon nitrito por quilo de peso corporal (SILVA; ALMEIDA, 2017). Os valores obtidos estão abaixo dos que são preconizados pela União Europeia como prejudiciais à saúde humana (LUZ *et al*, 2008), mas não devem ser dispensados.

Ao realizarmos a média da quantificação total dos nitritos observou-se uma diferença estatisticamente significativa ($P = 0,004$) para o grupo tratado com a cefalexina quando comparado com o grupo tratado com água utilizando o teste T não pareado (Gráfico 3).

Gráfico 3: Média e desvio padrão da média. Teste T não pareado



Fonte: Elaboração dos autores

Estes resultados são semelhantes a quantificação dos nitritos realizados por NUNES *et al* (2019), nos homogeneizados dos alfaces onde foi observado que o antiinflamatório nimesulida apresentou valores de nitritos estatisticamente maiores quando comparado com o grupo controle regado com água.

O estudo ressalta a importância no desenvolvimento de pesquisas relacionadas à segurança alimentar, haja vista que nos países industrializados onde os registros de estatísticas são mais completos, pelo menos um terço da população sofre com doenças veiculadas por alimentos todos os anos. Também as estatísticas americanas mostram que cerca de 200 mil pessoas ficam doentes, 900 chegam a ficar hospitalizadas e 14 morrem em consequência de

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE,
ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
alimentos contaminados (Organização Mundial da Saúde – OMS,
2002).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As diferenças entre os valores encontrados entre os plantios podem ser justificadas por uma série de fatores sazonais como o clima, temperatura, umidade, exposição a luminosidade, solubilidade do medicamento entre outros, mas foi possível observar uma diferença significativa quando comparado a média dos cinco plantios tratados com cefalexina e com o grupo controle tratado com água.

Os resultados finais demonstram que os medicamentos possuem ação sobre a ocorrência de do dano celular, haja vista o impacto causado no cultivo dos vegetais em estudo, tornando-se evidente a necessidade de se criar políticas públicas que garantam a qualidade dos alimentos para que tais produtos não coloquem em risco a saúde da população, com o destino correto desses resíduos, já que no país esse descarte é negligenciado.

REFERÊNCIAS:

ALMEIDA, A. A.; SOUSA, M. C. B. C.; SOARES, T. O.; MORAIS, A. E. F. ASSUNÇÃO, N. B. Descarte inadequado de medicamentos vencidos: Efeitos nocivos para a saúde e para a população. **Revista Saúde e Meio Ambiente**. V. 9, n. 2, p. 155 – 162, 2019.

AMATO NETO, V.; NICODEMO, A. C.; LOPES, H. V. **Antibióticos na prática clínica**. 6ª ed. São Paulo: Sarvier Editora, 2007.

BRAIN, R. A.; HANSON, M. L.; SOLOMON, K. R.; BROOKS, B. W. Aquatic plants exposed to pharmaceuticals: effects and risks. **Rev. Environ. Contam. Toxicol.** V. 192, n. 1, p. 67-115, 2008.

BRASIL. **Notícia: Anvisa lança hotsite sobre descarte de medicamentos**. Portal do Brasil: Saúde, 2014. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/saude/2011/07/anvisa-lanca-hotsite-sobre-descarte-de-medicamentos>>. Acesso em 30 nov 2020.

CARVALHO, K. S.; BONFIM-SILVA, E. M.; SILVEIRA, M. H. D.; CABRAL, C. E. A.; LEITE, N. Rúcula submetida à adubação nitrogenada via fertirrigação. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**. Centro Científico Conhecer, Goiânia. V. 8, n. 15, p. 1545-1553, 2012.

FATTA-KASSINOS, D.; MERIC, S.; NIKOLAOU, A. Pharmaceutical residues in environmental waters and wastewater: current state of knowledge and future research. **Anal Bioanal Chem.** 2011; 399(1): 251-75.

FEDERAÇÃO NACIONAL DOS FARMACÊUTICOS – FENAFAR. **Medicamentos vencidos devem ser descartados em local correto**. 2011. Disponível em: <<http://www.fenafar.org.br/portal/medicamentos/62-medicamentos/1008-medicamentos-vencidos-devem-ser-descartados-em-local-correto.html>>. Acesso em: 02 dez. 2020.

LUZ, G. L.; MEDEIROS, S. L. P.; MANFRON, P. A.; AMARAL, A. D.; MÜLLER, L. A questão do nitrato em alface hidropônica na saúde humana. **Ciêns. Rural**, V. 38. p.2388-2394, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cr/v38n8/a49v38n8.pdf>. Acesso em: 21 de nov. De 2020.

MEDEIROS, M. G.; M., LARISSE F.; C., CRISTIANI G. Descarte de medicamentos: programas de recolhimento e novos desafios. **Rev. Ciên. Farmacêuticas Básica e Aplicada**. V. 4, p. 651-662, 2014. Disponível em: http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/Cien_Farm/article/view/2783/2783. Acesso em: 13 nov. 2020.

NUNES, Sandra. Fernanda; NASCIMENTO, Isabela Rocha; FERREIRA, Welberth Santos. **Interferência dos anti-inflamatórios não esteróides na *Lactuca sativa***. Düsseldorf-Germany: Novas Edições Acadêmicas, 2019.

OMS, FACT SHEET Nº 237, revisão de janeiro de 2002. 42 p.

POMPELLI, M. F.; FRANÇA, S. C.; TIGRE, R. C.; OLIVEIRA M. T.; SACILOT, M.; PEREIRA, E. C. Spectrophotometric determinations of chloroplastidic pigments in acetone, ethanol and dimethylsulphoxide. **Rev. Bras. Bioci.** V. 11, p. 52-58, 2013.

SILVA, R. E.; ALMEIDA, A. F. S. Panorama do descarte de medicamentos domiciliares no município de Sete Lagoas / MG. **Rev. Bras. de Ciên. da Vida**. V. 5, n. 1, p. 1-19, 2017.

STERTZ, S. C.; PENTEADO, P. T. P. S.; FREITAS, R. J. S. Nitritos e nitratos em hortícolas produzidas pelos sistemas de cultivo convencional, orgânico e hidropônico na Região Metropolitana de Curitiba. **Rev. Inst. Adolf Lutz**. V. 2, p. 200-2007, 2004.

**BIOMARCADORES HISTOLÓGICOS EM PEIXES
ESTUARINOS DA BAÍA DE SÃO MARCOS-MA**

Thalia Matos Aguiar Viana¹

Amanda Almeida da Costa²

Gerson dos Santos Protazio³

Hetty Salvino Torres⁴

Marcello Soares Santos Filho⁵

Maria Fabiene de Sousa Barros⁶

Raimunda Nonata Fortes Carvalho Neta⁷

INTRODUÇÃO

O aumento da população mundial incrementou o crescimento das atividades domésticas, rurais e industriais (DA SILVA *et al.*, 2020). Além disso, também ocorreu um aumento da produção de resíduos químicos, sendo que muitas dessas substâncias são fontes potentes de poluição nos ecossistemas aquáticos (DA SILVA *et al.*, 2020; JESUS *et al.*, 2020).

¹ Curso de Ciências Biológicas Licenciatura, Universidade Estadual do Maranhão – UEMA Campus Paulo VI; Técnica em Meio Ambiente pelo IFMA Campus Centro Histórico. Bolsista de extensão (PIBEX/UEMA – LABMORFIA)

² Curso de Ciências Biológicas Licenciatura, Universidade Estadual do Maranhão – UEMA Campus Paulo VI; Bolsista de extensão (PIBEX/UEMA – LABOAq)

³ Mestre em Oceanografia, Universidade Federal do Maranhão - UFMA e colaborador no LABOAq – UEMA Campus Paulo VI

⁴ Doutoranda pelo programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Biotecnologia, Universidade Estadual do Maranhão – UEMA Campus Paulo VI

⁵ Curso de Ciências Biológicas Bacharelado, Universidade Estadual do Maranhão – UEMA Campus Paulo VI; Técnico em Meio Ambiente pelo IFMA Campus Centro Histórico. Bolsista de extensão (PIBEX/UEMA – LABOAq)

⁶ Mestranda pelo programa de Pós-graduação em Recursos Aquáticos e Pesca, Universidade Estadual do Maranhão – UEMA Campus Paulo VI

⁷ Professora adjunto IV/ Departamento de Biologia, Universidade Estadual do Maranhão – UEMA Campus Paulo VI. Coordenadora do Laboratório de Biomarcadores em Organismos Aquáticos (LABOAq)

A realização de atividades portuárias é importante para a economia, mas devido à grande movimentação de cargas ela é capaz de afetar de maneira negativa os ecossistemas aquáticos, assim como a qualidade de vida da população que vive no entorno dos ambientes que são impactados (ABRANTES; BARRELLA, 2019). As áreas portuárias apresentam quantidades de substâncias tóxicas em grande quantidade e que são capazes de impactar de forma negativa os ecossistemas marinhos (SOUSA; ALMEIDA; CARVALHO-NETA, 2013).

O Brasil apresenta cerca de 175 instalações portuárias de carga, envolvendo portos, terminais marítimos e instalações aquaviárias, sendo 76 terminais fora da costa litorânea, bem como há 99 portos e terminais marítimos pela costa (ANTAQ, 2018). No estado do Maranhão, na Baía de São Marcos, há uma das maiores instalações portuárias do país, o Porto do Itaqui, que é administrado pela Empresa Maranhense de Administração Portuária (CASTRO et al., 2018; EMAP, 2016).

No território brasileiro, dada a sua larga região costeira, há muitas espécies de peixes importantes para a pesca, sendo um recurso natural importante (DA ROSA; AGOSTINHO; SCHWARZ, 2020). No Maranhão, também há uma rica biodiversidade de populações de organismos aquáticos, como crustáceos decápodes (SOUSA *et al.*, 2015) e moluscos oriundos do manguezal (RODRIGUES, 2016). Outros organismos bastante presentes e

importantes economicamente na costa maranhense são os peixes, como a pescada amarela (*Cynoscion acoupa*), os bagres de *Sciades herzbergii* (Bloch, 1794) e *Bagre bagre*, segundo Almeida *et al.* (2016) e Sousa; Almeida e Carvalho-Neta (2013).

Já foram realizados estudos sobre biomarcadores de contaminação aquática com organismos de regiões próximas ao Complexo Portuário de São Luís, Maranhão, por Carvalho-Neta *et al.* (2012); Rocha (2017); Oliveira *et al.* (2019) e Viana *et al.* (2021). Esses estudos mostram que essa área vem sofrendo com impactos antrópicos decorrentes das atividades portuária, doméstica e agrícola, que por sua vez trazem poluentes químicos, como metais pesados, pesticidas e fertilizantes (VIEIRA *et al.*, 20219).

Os organismos aquáticos apresentam repostas aos poluentes, que podem ser alterações morfológicas, bioquímicas e histológicas (SOUSA *et al.*, 2013; CASTRO *et al.*, 2014). Isso ocorre como consequência dos impactos causados nos ecossistemas aquáticos oriundos da poluição, uma vez que tais alterações modificam as características naturais da biota local (GARCIA *et al.*, 2018).

Biomarcadores são respostas biológicas que aparecem como consequência da presença dos poluentes nos organismos vivos (VAN DER OOST *et al.*, 2003). Biomarcadores histológicos em peixes são utilizados como metodologias de avaliação e monitoramento da sanidade dos peixes e de diagnóstico do nível de impacto dos poluentes nos ambientes aquáticos (DE OLIVEIRA *et al.*, 2016).

Embora os peixes estejam presentes na alimentação humana, estes podem ser possíveis fontes de contaminação para os humanos, por acumularem contaminantes a partir da biomagnificação (CASTRO *et al.*, 2014). A biomagnificação ocorre em decorrência da manifestação de poluentes na água e nos sedimentos, que acarretam surgimento de alterações morfológicas nos tecidos de peixes, como nos órgãos de brânquias e fígados de *Sciades herzbergii* da Baía de São Marcos (CASTRO *et al.*, 2014).

Os biomarcadores histológicos são capazes de detectar os efeitos diretos e indiretos dos poluentes nos organismos (REDDY; RAWAT, 2013). Neste sentido, as brânquias são afetadas devido ao seu contato direto com os contaminantes no ecossistema aquático (BARIŠIĆ *et al.*, 2015). Já o fígado por ser um órgão com função metabólica responsável por excretar xenobióticos e desintoxicação, é capaz de indicar mudanças no meio ambiente que tenha a presença de poluentes na região (FLORES-LOPES; CORREIA; SILVA, 2020).

A avaliação de contaminantes em ambientes aquáticos utilizando biomarcadores é uma abordagem eficiente, de baixo custo e rápida (DA SILVA *et al.*, 2020). Com a análise de biomarcadores pode-se detectar, de forma mais rápida e segura, os efeitos ocasionados pelos poluentes nos organismos expostos ao ambiente contaminado (DA SILVA *et al.*, 2020). No presente trabalho objetivou-se analisar biomarcadores histológicos (alterações hepáticas e branquiais) no bagre estuarino *Sciades herzbergii* (Bloch,

1794), contribuindo com informações científicas sobre a situação ambiental da região portuária e em uma área de proteção ambiental de São Luís - MA.

METODOLOGIA

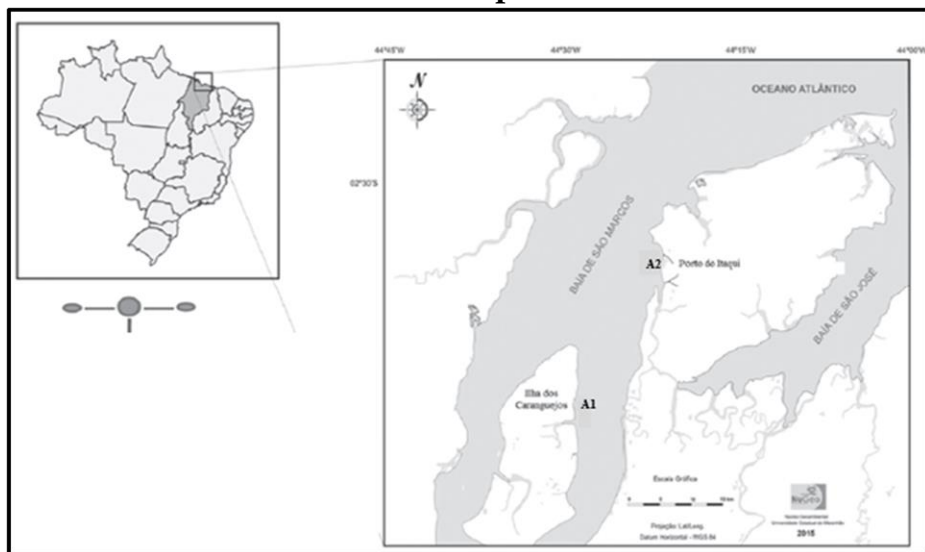
Áreas de estudo

As áreas de estudo localizam-se nas baías de São Marcos e de São José no estado do Maranhão. As coletas dos peixes foram realizadas em dois pontos: a) Área de Proteção Ambiental da Baixada Maranhense - Ilha dos Caranguejos (A₁); b) Área de influência direta do complexo portuário – terminal do Porto Grande (A₂) (Fig. 1). Nessa região, a baía de São Marcos apresenta a instalação de grandes portos para atracarem navios de grande porte, de forma a oferecer condições (grandes profundidades do canal) para um transporte internacional (SANT'ANA JÚNIOR, 2016). A profundidade da Baía de São Marcos pode alcançar cerca de 80m na área central, bem como profundidades mais rasas nas regiões que ficam próximas às margens (IBGE, 2012).

O primeiro ponto de coleta dos peixes foi a Ilha dos Caranguejos, sob as coordenadas 03°2'18"- 02°42'25" S e 44°40'25"- 44°26'46" W, que contém a maior faixa contínua de manguezal da costa do estado do Maranhão (RIBEIRO; ALMEIDA; CARVALHO-NETA, 2012). Já o segundo ponto de coleta dos peixes foi na região portuária, onde está presente o segundo maior Complexo Portuário

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE, ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA em movimentação de cargas do Brasil (ANTAq, 2016). Dentro dos limites desse Complexo Portuário, existe o Porto do Itaqui, que por sua vez situa-se entre o limite do Distrito Industrial na região do Itaqui e da região litoral do oeste da Ilha, estando a cerca de 11 km do centro da cidade de São Luís, entre os paralelos $02^{\circ}34'S$ e $02^{\circ}36'S$ e os meridianos $44^{\circ}21'W$ e $44^{\circ}24'W$, situados nos limites das regiões Nordeste e Norte do Brasil (EMAP, 2016). Além do Porto do Itaqui, a região possui vários terminais privados, tais como Ponta da Madeira, Terminal da Vale, o Terminal da Alumar, Terminal do **Porto Grande**, Terminal de Ferryboat, Terminal da Ponta da Espera e do Cujupe (EMAP, 2016).

Figura 1 - Localização da área de estudo da Baía de São Marcos, bem como seus dois pontos de coleta.



Fonte: SOUSA et al., 2015 (adaptado).

Procedimentos

Levantamento bibliográfico

Realizou-se uma revisão bibliográfica em bases de dados, periódicos, teses, monografias e dissertações de mestrado relacionadas a trabalhos locais, nacionais e internacionais sobre os biomarcadores histológicos em peixes. As bases de dados utilizadas foram: SCIELO, MEDLINE e WEB OF SCIENCE.

Na busca dos artigos nas bases de dados foram utilizados os operadores booleanos, “*and, or, not*”. As palavras-chave utilizadas foram: “*biomarkers and fish not crabs*”, “*bioindicator and fish*”, “*histopathological alterations and fish*”, “*alterations or changes and gills and fish*”, “*alterations or changes and liver and fish*”, “*biomonitoring and aquatic*” e “*biomonitoring and fish or fishes*”.

Coleta do material biológico

O protocolo de coleta em campo e de procedimentos laboratoriais da presente pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética institucional da Universidade Estadual do Maranhão (01/2018), cumprindo com as diretrizes do Colégio Brasileiro de Experimentação Animal/ Sociedade Brasileira da Ciência em Animais de Laboratório - SBCAL/Cobea (SBCAL/Cobea, <http://www.sbcal.org.br>). A licença ambiental foi obtida junto ao órgão gestor da Unidade de Conservação, Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Naturais – Sema (015/2019).

Foram coletados 20 exemplares de *S. herzbergii* no período de estiagem em 2020, em que 10 desses peixes são oriundos do ponto A1 e 10 exemplares do ponto A2. A coleta dos espécimes ocorreu sempre durante as marés de quadratura, utilizando armadilhas fixas de pesca (tapagem).

Análise dos dados abióticos

Além da captura dos peixes de bagre guribu, foram aferidos também dados *in situ* de salinidade, pH, temperatura, oxigênio dissolvido, turbidez e sólidos totais dissolvidos utilizando o equipamento de multiparâmetro (modelo SX751 – SANXIN).

Análises biométricas

Após a coleta dos peixes, os exemplares foram levados ao acondicionamento em caixas isotérmicas contendo gelo, para evitar danos ao material biológico. Neste sentido, o material foi transportado até o Laboratório de Biomarcadores em Organismos Aquáticos (LABOAq), no qual para cada exemplar de *S. herzbergii* foram aferidos os dados de comprimento total (CT), comprimento padrão (CP) em cm, peso total (PT) e o peso das gônadas (PG) em g, bem como identificamos os estágios gonadais dos espécimes coletados. Os dados foram expressos como médias e desvio-padrão e a análise dos dados biométricos foi feita no aplicativo de estatística chamado BioEstat 5.0.

Análises histológicas

A fim de realizar as análises histológicas, utilizou-se os primeiros arcos branquiais, bem como a região mediana dos fígados dos peixes. Esses fragmentos de órgãos foram desidratados em séries crescentes de álcoois, diafanizados em xilol, impregnados e incluídos em parafina. A posteriori, foram feitos cortes transversais, com aproximadamente 5 μm de espessura, e assim, passaram pelo processo de coloração em Hematoxilina e Eosina (HE). Por fim, analisou-se o melhor corte (de três) para cada órgão de brânquia e fígado de cada animal. A leitura das lâminas foi feita através da utilização do microscópio óptico nas objetivas de 10x, 40x e 100x. As alterações encontradas foram fotografadas e as melhores selecionadas para apresentação no presente relatório.

Para as análises das lâminas de fígado, foi utilizado o óleo de imersão nas lâminas, a fim de visualizar melhor as estruturas histológicas (hepatócitos) na objetiva de 100x no microscópio óptico.

Adotou-se a metodologia proposta por Bernet *et al.* (1999) para a análise das lesões histológicas identificadas nas lâminas, onde são considerados cinco (5) padrões de reação: 1- distúrbios circulatórios; 2 - alterações regressivas, como as alterações estruturais, alterações nucleares, atrofia e necrose; 3 - alterações progressivas (exemplos: a hipertrofia e hiperplasia); 4 - inflamação (exemplo: infiltração de leucócitos) e 5 - tumor (neoplasia), como os benignos e malignos. Assim, a partir de cada reação padrão, foram

incluídas uma série de alterações, e, por sua vez receberam um valor dado de importância (w) que variam de 1 a 3 (propostos também por Bernet), conforme o grau de reversibilidade do dano. Também foi adotado um valor de pontuação (a) variando de 0 a 6 (que é atribuído pelo observador), de acordo com o grau de extensão do dano.

Dessa maneira dois índices foram calculados:

- 1 Índice de reação de um órgão ($I_{org\ rp}$) – Que expressa as lesões por tipo de reação padrão:

$$I_{org\ rp} = \frac{\sum (a_{org\ rp\ alt} * w_{org\ rp\ alt})}{alt}$$

- 2 Índice de Órgãos ($I_{org.}$) - Este índice representa o grau de dano a vários órgãos em um indivíduo:

$$I_{org} = \frac{\sum \sum (a_{org\ rp\ alt} * w_{org\ rp\ alt})}{rp\ alt}$$

Sendo: org = órgão (constante); rp = padrão de reação; alt = alteração; a = um valor de pontuação; w = valor de importância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dados abióticos

Os dados abióticos obtidos para a água analisada na Ilha dos Caranguejos e na região de Porto Grande indicaram valores considerados normais, conforme os padrões apresentados na

Resolução do CONAMA nº357/2005, o que também foi observado no estudo de Viana *et al.* (2021). Segundo a Resolução do Conama de nº357/2005, os valores recomendados para os parâmetros da água salgada são: salinidade ≥ 30 , O₂ dissolvido (ppm) não inferior a 6 mg/L, pH entre 6,5 a 8,5 e temperatura (°C) entre 28 -a 32°C (BRASIL, 2005).

Tabela 1 – Dados abióticos da Ilha dos Caranguejos (A₁) e do Porto Grande (A₂).

| PARÂMETROS ABIÓTICOS | ILHA DOS CARANGUEJOS (A ₁) | PORTO GRANDE (A ₂) |
|---------------------------------|---|-----------------------------------|
| pH | 7,79 | 7,88 |
| O ₂ dissolvido (ppm) | 6,75 mg/l | 6 mg/l |
| Temperatura (°C) | 28,8 C° | 28,2 C° |
| Salinidade (ppm) | 30,6 | 33,5 |
| Condutividade | 45,7 | Não observado |

Fonte: Próprios autores, 2020.

Dados biométricos e gonadais

O cálculo da média e desvio padrão mostrou que os organismos de *S. herzbergii*, coletados na Ilha dos Caranguejos (A₁) apresentaram comprimentos e pesos totais maiores. Essas diferenças podem estar relacionadas com as diferenças entre as condições ambientais (LIMA et al., 2017). A A₁ por ser uma área de proteção ambiental, é considerada como a menos impactada.

Tabela 2 - Médias e Desvio-padrão dos dados biométricos de machos e fêmeas de *Sciades herzbergii* (Bloch, 1794) coletados na Ilha dos Caranguejos (A₁) e na Área Portuária do Porto Grande (A₂).

| | ILHA DOS CARANGUEJOS (A ₁) | ÁREA PORTUÁRIA (A ₂) |
|-------------------|--|----------------------------------|
| Dados biométricos | Fêmeas e Machos | Fêmeas e Machos |
| CT (cm) | 35,70 ± 2,39 | 12,90 ± 2,07 |
| CP (cm) | 30,30 ± 2,31 | 10,65 ± 1,76 |
| CF (cm) | 31,35 ± 2,36 | 11,15 ± 1,76 |
| PT (g) | 358,10 ± 83,61 | 44,79 ± 45,78 |

CT = Comprimento Total; CP = Comprimento padrão; CF= Comprimento furcal; PT = Peso Total.

Fonte: Próprios autores, 2020.

No referente aos estádios gonadais, a maioria dos exemplares analisados foram considerados juvenis (EG₂), com resultados semelhantes ao de Viana *et al.* (2021). Foram capturados mais machos do que fêmeas na Ilha dos Caranguejos (A₁) e mais fêmeas do que machos no Porto Grande (A₂) (Tabela 3).

Tabela 3 – Estágios gonadais de fêmeas e machos coletados nas áreas 1 e 2.

| ESTÁGIOS GONADAIS | ILHA DOS CARANGUEJOS (A ₁) | ESTÁGIOS GONADAIS | PORTO GRANDE (A ₂) |
|----------------------|--|----------------------|-----------------------------------|
| EG ₁ | M | EG ₂ | M |
| EG ₂ | M | EG ₂ | M |
| EG ₂ | M | EG ₃ | F |
| EG ₁ | F | EG ₂ | F |
| EG ₃ | M | EG ₂ | F |
| EG ₄ | M | EG ₃ | F |
| EG ₂ | F | EG ₂ | F |
| EG ₁ | M | EG ₂ | F |
| EG ₂ | F | EG ₂ | M |
| EG ₂ | M | EG ₂ | F |

Fonte: Próprios autores, 2021.

A partir da tabela 3 é possível observar que boa parte dos espécimes coletados estavam em estágios imaturos de seu desenvolvimento. Estudos anteriores também apontam essa região como um local de grande potencial de desenvolvimento dessa espécie, por se reproduzirem durante o ano todo nos igarapés locais (CARVALHO NETA; CASTRO, 2008).

Análise dos biomarcadores histopatológicos

As alterações mais encontradas em brânquias de cada peixe de *S. herzbergii* examinado em ambos os pontos estudados (A₁ e A₂)

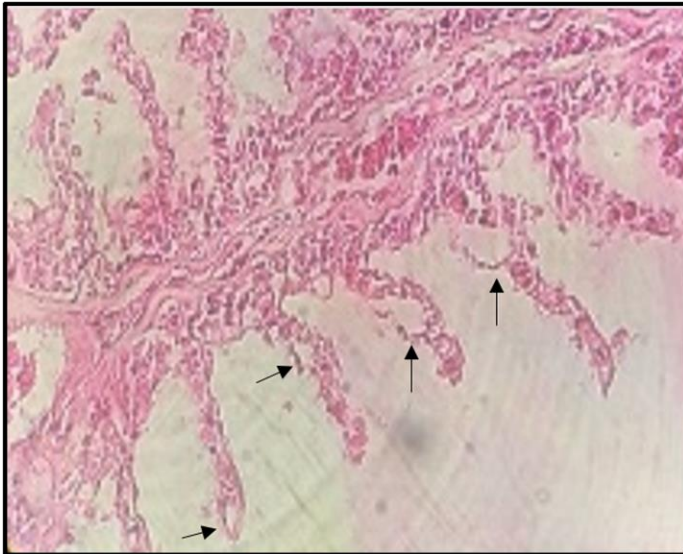
foram no deslocamento do epitélio (Fig. 2). Os órgãos de brânquias apresentam diversas funções, como as trocas gasosas, a regulação da pressão osmótica, o equilíbrio ácido-base, bem como o transporte de íons e excreção de resíduos nitrogenados (PUNTORIERO; CIRELLI; VOLPEDO, 2018). Esses órgãos se encontram expostos ao meio aquático de forma direta, estando em contato também com os poluentes presentes nesse ecossistema (BARIŠIĆ *et al.*, 2015; PUNTORIERO, CIRELLI, VOLPEDO, 2018). As alterações branquiais que surgem, em virtude dos contaminantes, apresentam uma resposta aguda (MONTEIRO *et al.*, 2008; PEREIRA *et al.*, 2020).

As análises histológicas indicaram que as alterações encontradas nas brânquias dos peixes de A1 foram: deslocamento do epitélio (45,98%); hiperplasia (14,94%); aneurisma (10,34%); atrofia (4,98%); necroses (4,60%); estreitamento lamelar (3,45%); fusão das lamelas secundárias (3,07%); degeneração tecidual (2,68%); dilatação do vaso (2,68%); hipertrofia (2,30%); congestão (1,53%); fusão total das lamelas secundárias (1,15%); deslocamento da lamela primária (0,77%); hemorragia (0,77%); proliferação de células (0,38%); hiperplasia causando fusão das lamelas (0,38%). Para A2, os biomarcadores branquiais obtidos foram: deslocamento do epitélio (30,18%); congestão (17,19%); hiperplasia (12,98%); aneurisma (5,61%); atrofia (5,26%); estreitamento lamelar (5,09%); fusão das lamelas secundárias (4,21%); degeneração tecidual (2,46%); necrose (2,46%); fusão total das lamelas secundárias (2,11%); hemorragia

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE,
ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
(0.70%); hipertrofia (0.70%); esteatose (0.70%); levantamento
epitelial (0.35%).

Os biomarcadores apresentados nos peixes analisados aparecem como um mecanismo de defesa branquial (Fig. 2), tendo em vista que o epitélio branquial se modifica a fim de evitar seu contato com os xenobióticos, o que interfere no processo de trocas gasosas (CASTRO et al., 2018). Alterações comumente presentes nas brânquias de peixes de ambientes impactados são o deslocamento do epitélio, fusão lamelar e hiperplasia (CASTRO et al., 2018).

Figura 2 – Deslocamento do epitélio das brânquias de *Sciades herzbergii* (Bloch, 1794).



Fonte: Thalia Matos, 2021.

O deslocamento do epitélio em brânquias de *S. herzbergii* aparece na maioria das vezes como um dos primeiros sinais de alterações morfológicas devido ao contato com poluentes. Esse fato também pode ser constatado no trabalho desenvolvido por autores como Soares *et al.* (2020) e Viana *et al.* (2021). Outra alteração branquial muito frequente nos bagres analisados foi aneurisma. Conforme Bernet *et al.* (1999), aneurismas são dilatações de vasos arteriais, podendo ter a sua origem devido aos efeitos dos poluentes no ecossistema. A hiperplasia aparece como uma resposta do sistema imunológico diante da presença de contaminantes no ambiente, onde esta alteração pode impedir a absorção de O₂ e da remoção de CO₂, gerando a hipóxia e dificultando a respiração do organismo (PUNTORIERO; CIRELLI; VOLPEDO, 2018).

Alguns exemplos de biomarcadores de grau mais severos são as necroses (VIANA *et al.*, 2021). Essas alterações são irreversíveis, pois o estado morfológico da célula e/ou do tecido perde a sua função (BERNET *et al.*, 1999). As necroses foram encontradas em algumas lâminas de brânquias analisadas, assim como a congestão.

O fígado é um importante órgão de vias metabólicas, sendo muito sensível nos peixes, como os teleósteos. O fígado pode apresentar alterações em sua histoarquitetura, bioquímica e fisiologia, devido ao contato com poluentes (PUNTORIERO; CIRELLI; VOLPEDO, 2018). As alterações que surgem no fígado

geralmente indicam um efeito crônico causado por substâncias em um nível subletal (BERNET *et al.*, 1999).

As alterações hepáticas identificadas foram: centro de melanomacrófagos (23.19%); esteatose (21.29%); necroses (15.97%); degeneração tecidual (14.83%); degeneração hidrópica (6.08%); núcleos picnóticos (5.32%); vacuolização dos hepatócitos (3.04%); hipertrofia (2.28%); perda da delimitação celular (2.28%); aneurisma (1.90%); perda da delimitação dos hepatócitos (1.52%); atrofia (1.14%); hemorragia (0.76%); acúmulo de células sanguíneas (0.38%). Em A2 os biomarcadores obtidos nos fígados foram: centro de melanomacrófagos (50.13%); degeneração hidrópica (15.01%); núcleos picnóticos (11.96%); necrose (9.92%); degeneração tecidual (8.14%); hipertrofia (2.54%); vacuolização dos hepatócitos (0.51%); esteatose (0.51%); perda da delimitação celular (0.51%); binucleado (0.51%); hemorragia (0.25%).

Uma das alterações que se destacou foi o centro de melanomacrófagos, no estudo realizado por Viana *et al.* (2021) o centro de melanomacrófagos foi o biomarcador hepático mais encontrado nos peixes da mesma espécie de *S. herzbergii*. Os centros de melanomacrófagos são aglomerados de macrófagos, que aparecem como uma resposta imune do sistema imunológico. Estas células possuem funções de realizar a reciclagem de ferro, assim como possui o pigmento da hemossiderina e subprodutos da degradação da hemoglobina em sua constituição (QUATALHO *et al.*,

2018). Todavia, quando há uma grande quantidade dos centros de melanomacrófagos no órgão de um organismo, isto indica a presença de contaminantes no ambiente aquático (QUATALHO *et al.*, 2018).

Também houveram outros biomarcadores encontrados nos tecidos dos bagres analisados, como a degeneração do tecido. A degeneração tecidual assim como a necrose podem atrapalhar a síntese proteica, pois a desagregação de microtúbulos e modificações no uso de substratos leva à precipitação parcial do citoplasma e do núcleo (PUNTORIERO; CIRELLI; VOLPEDO, 2018).

A vacuolização de hepatócitos é uma alteração que pode ser causada diante do excesso de gordura no fígado, que por sua vez foi exposto às substâncias tóxicas (RODRIGUES *et al.*, 2017). A vacuolização também é um biomarcador comumente encontrados em peixes expostos a ambientes aquáticos impactados (VIEIRA *et al.*, 2019). Alteração esta que foi encontrada em um estudo semelhante, realizado por Viana *et al.* (2021) nas mesmas áreas de estudo com espécimes de *S. herzbergii*. Um biomarcador considerado mais agudo é a hemorragia, que por sua vez é oriundo de distúrbios circulatórios relacionados à condição de fluxo do fluido sanguíneo (BERNET *et al.*, 1999).

A partir dos resultados dos biomarcadores encontrados em brânquias e dos biomarcadores hepáticos é possível observar que os espécimes da área 1 apresentaram uma maior variedade de biomarcadores em brânquias, enquanto os peixes da área 2

mostraram uma menor variedade, mas um número maior de alterações branquiais frequentes. No referente aos fígados, observa-se também uma maior variedade de biomarcadores, em que os organismos coletados na área 2 indicaram um quantitativo maior no número de alterações hepáticas.

Ao somar quantas vezes as alterações branquiais e hepáticas apareceram juntas para os peixes da Ilha dos Caranguejos (A₁) e para o Porto Grande (A₂), observou-se que os espécimes de *S. herzbergii* provenientes de A₂ indicaram um maior número de biomarcadores em ambos os órgãos. Essas alterações foram encontradas 678 vezes nos organismos de A₂, sendo 393 vezes nos fígados e 285 vezes nas brânquias. Já nos espécimes de A₁ apareceram 261 vezes biomarcadores nas brânquias e 263 vezes nos fígados, indicando que as alterações histológicas nos órgãos dos peixes coletados em A₁ apareceram 524 vezes. Diante dos resultados obtidos, observa-se que a região portuária é a mais impactada, embora a região de proteção ambiental também esteja apresentando altos indícios de estresse nos peixes, devido à contaminação aquática.

Os dados obtidos nessa pesquisa, tanto da área de proteção ambiental como da região portuária são importantes para o monitoramento ambiental de ambientes aquáticos (PINHEIRO-SOUSA *et al.*, 2021). Os resultados também mostram que é necessário dar continuidade aos estudos de biomonitoramento, bem como ampliar o debate sobre as políticas públicas que protejam a

biodiversidade local afetada pelas atividades portuárias (PINHEIRO-SOUSA *et al.*, 2021).

Índices Histológicos com o grau de severidade das alterações

Após a finalização das análises das lâminas confeccionadas do período de estiagem, foram calculados os índices de órgãos, conforme proposto por Bernet *et al.* (1999), para as brânquias e fígados dos indivíduos da região da Ilha dos Caranguejos (A₁) e do Porto Grande (A₂).

Os resultados dos Índices de Bernet (Tabela 4) indicaram que as brânquias dos organismos da região portuária (A₂) estão histologicamente mais afetadas do que as referentes aos espécimes da Ilha dos Caranguejos (A₁).

Tabela 4 - Cálculos dos Índices de Bernet nos órgãos de *Sciades herzbergii* (Bloch, 1794) analisados.

| | |
|-------------------------------|------------|
| Brânquias para A ₁ | lorg = 186 |
| Brânquias para A ₂ | lorg = 208 |
| Fígado para A ₁ | lorg = 214 |
| Fígado para A ₂ | lorg = 198 |

Fonte: Thalia Matos, 2021.

Em contrapartida, os fígados dos peixes da Ilha (A₁) apresentaram índices mais elevados do que os organismos oriundos do Porto Grande (A₁). Diante de altos índices de alterações nos órgãos, percebemos que os peixes *S. herbergii* estão sendo afetados e que ambas as regiões vêm sendo impactadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da pesquisa realizada foi possível registrar as alterações mais frequentes nas brânquias e fígados dos peixes coletados. A região mostra indícios de impactos causados por contaminantes nos ambientes aquáticos trabalhados, pois foram encontrados diversos tipos de biomarcadores branquiais e hepáticos nos bagres estudados. Os organismos analisados apresentaram grande variação de alterações, bem como biomarcadores com padrão de alterações regressivas, ou seja, modificações histológicas que não podem voltar ao seu estado natural.

Conclui-se também que a região portuária apresentou espécimes como um maior número de lesões branquiais e hepática. Os índices de alterações nos órgãos obtidos foram altos para ambos os órgãos analisados, indicando que os peixes *S. herbergii* estão sendo afetados biologicamente e que ambas as regiões vêm sendo impactadas.

REFERÊNCIAS

- ABRANTES, P. C.; BARRELLA, W. Análise do IDA-Índice de Desempenho Ambiental como ferramenta para aprimoramento da Gestão Ambiental portuária no Brasil. **Unisanta BioScience**, v. 8, n. 3, p. 282-298, 2019.
- ALMEIDA, Z. S.; SANTOS, N. B.; SOUSA, H. L.; CARVALHO-NETA, R. N. F.; ANDRADE, T. S. O. M. Biologia reprodutiva da pescada amarela (*Cynoscion acoupa*) capturada na Baía de São Marcos, Maranhão, Brasil. **Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)**, v. 6, n. 1, p. 46-54, 2016.
- ANTAQ. **Antaq (Agência Nacional de Transportes Aquaviários)** Anuário de 2018. CBIE – Centro Brasileiro de Infraestrutura. Disponível em: <<https://cbie.com.br/artigos/quantos-portos-temos-no-brasil/>>. Acesso em: 16 de outubro de 2019.
- ANTAQ. Principais Portos do Brasil. **Antaq (Agência Nacional de Transportes Aquaviários)**, 2016. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br>>. Acesso em: 19 de novembro de 2019.
- BARIŠIĆ, J.; DRAGUN, Z.; RAMANI, S.; MARIJIĆ, V. F.; KRASNIĆI, N.; ČOŽ-RAKOVAC, R.; JORDANOVA, M. Evaluation of histopathological alterations in the gills of Vardar chub (*Squalius vardarensis* Karaman) as an indicator of river pollution. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 118, p. 158-166, 2015.
- BERNET, D.; SCHMIDT, H.; MEIER, W.; BURKHARDT-HOLM, P.; WAHLI, T. Histopathology in fish: proposal for a protocol to assess aquatic pollution. **Journal of fish diseases**, v. 22, n. 1, p. 25-34, 1999.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n.357. de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de

lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, p.58-63, 2005.

CARVALHO-NETA, R. N. F.; CASTRO, A. C. L. Diversidade das assembléias de peixes estuarinos da Ilha dos Caranguejos, Maranhão. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 41, p. 48-57, 2008.

CARVALHO-NETA, R.N.F.; TORRES, A. R.; ABREU-SILVA, A. L. Biomarkers in catfish *Sciades herzbergii* (teleostei: ariidae) from polluted and non-polluted areas (São Marcos' Bay, Northeastern Brazil). **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v.166, p.1314-1327, 2012.

CASTRO, J. S.; FRANÇA, C. L., FERNANDES, J. F. F., SILVA, J. S., CARVALHO-NETA, R. N. F.; TEIXEIRA, E. G. Biomarcadores histológicos em brânquias de *Sciades herzbergii* (Siluriformes, Ariidae) capturados no Complexo Estuarino de São Marcos, Maranhão. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, n. 2, p. 410-418, 2018.

CASTRO, J. S.; SILVA, J. S.; FREITAS, L. C.; CARVALHO-NETA, R. N. Biomarcadores histopatológicos na espécie *Hoplias malabaricus* (Pisces, Osteichthyes, Erythrinidae) em uma unidade de conservação de São Luís (MA). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, n. 6, p. 1687-1694, 2014.

DA ROSA, W. S.; AGOSTINHO, S. C.; SCHWARZ, K. K. Morfologia do sistema digestivo de peixes presentes durante o outono no mercado Municipal de Paranaguá-Pr. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, p. 84121-84137, 2020.

DA SILVA, M. R. F.; SOUZA, K. S.; DE ASSIS, C. R. D.; SANTOS, M. D. V.; DE OLIVEIRA, M. B. M. Biomarcadores como ferramenta para monitorar o impacto ambiental nos Ecossistemas Aquáticos. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, p. 75702-75720, 2020.

DE OLIVEIRA, S. R. S.; PINHEIRO-SOUSA, D. B.; DE ALMEIDA, Z. D. S.; DA SILVA CASTRO, J.; CARVALHO-NETA, R. N. F. Lesões histopatológicas como biomarcadores de contaminação aquática em *Oreochromis niloticus* (Osteichthyes, Cichlidae) de uma área protegida no Maranhão. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 9, n. 1, p. 12-26, 2016.

EMAP. **EMAP (Empresa Maranhense de Administração Portuária)**. Itaqui. Disponível em: <<http://observatorioantaq.info/index.php/2016/06/05/itaqui/>>. Acesso em: 21 de setembro de 2019.

EMAP. Localização do Porto do Itaqui. **EMAP (Empresa Maranhense de Administração Portuária)**, 2016. Disponível em: <<http://www.emap.ma.gov.br/porto-do-itaqui/localização>>. Acesso em: 21 de novembro de 2019.

EMAP. Localização do Porto do Itaqui. **EMAP (Empresa Maranhense de Administração Portuária)**, 2016. Disponível em: <<http://www.portodoitaqui.ma.gov.br/porto-do-itaqui/localizacao>>. Acesso em: 02 de dezembro de 2019.

FLORES-LOPES, F.; CORREIA, M. A.; DA SILVA, D. M. L. Histological and ultrastructural analysis of *Tilapia rendalli* liver as an environmental assessment tool for Cachoeira River, Bahia, Brazil. **International Journal of Zoological Investigations**, v. 6, n. 1, p. 31-48, 2020.

GARCIA, J. M.; MANTOVANI, P., GOMES, R. C., LONGO, R. M., DEMAMBORO, A. C., & DO CARMO BETTINE, S. Degradação ambiental e qualidade da água em nascentes de rios urbanos. **Sociedade e Natureza**, v. 30, n. 1, p. 228-254, 2018.

JESUS, W. B.; SOARES, S. H.; PINHEIRO-SOUSA, D. B.; ANDRADE, T. S. O. M.; OLIVEIRA, S. R. S.; SANTOS, F. S.; SANTOS, D.M.S.; CARVALHO-NETA, R.N.F. Biomarcadores enzimáticos e

histológicos em brânquias de *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763)(Crustacea, Brachyura, Ucididae) indicativos de impactos ambientais em uma região portuária do nordeste do Brasil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 72, n. 4, p. 1413-1423, 2020.

LIMA, E. M. M.; SOUSA, K. N. S.; SANTOS, P. R. B.; FERREIRA, L. A. R.; RODRIGUES, A. F.; PANTOJA, A. S. Relação peso-comprimento e fator de condição da pescada branca (*Plagioscion squamosissimus*, Heckel 1840) comercializada no município de Santarém, Pará, Brasil. **Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)**, v. 7, n. 2, p. 44-48, 2017.

MONTEIRO, S. M.; ROCHA, E.; FONTAÍNHAS-FERNANDES, A.; SOUSA, M. Quantitative histopathology of *Oreochromis niloticus* gills after copper exposure. **Journal of Fish Biology**, v. 73, n. 6, p. 1376-1392, 2008.

OLIVEIRA, S.R.S.; BATISTA, W.D.S.; SOUSA, J.B.M. et al. Enzymatic and Histological Biomarkers in *Ucides cordatus* (Crustacea, Decapoda) in an Industrial Port on the North Coast of Brazil. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v.102, p.802-810, 2019.

PEREIRA, N. J.; DOS SANTOS, M. M.; DA SILVA MAIÃO, J. P. L.; DE PINHO CAMPOS, J. S.; DA SILVA, N. D.; DA SILVA MENDES, D. C.; LENZ, T. M.; SANTOS, D. M. S. Biomarcadores histológicos em brânquias de peixes na avaliação da contaminação ambiental do rio Mearim, nordeste brasileiro. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 68063-68079, 2020.

PINHEIRO-SOUSA, D. B.; DA COSTA SOARES, S. H.; TORRES, H. S.; DE JESUS, W. B.; DE OLIVEIRA, S. R. S.; BASTOS, W. R.; Oliveira RIBEIRO, C. A. O.; CARVALHO-NETA, R. N. F. (2021). Sediment contaminant levels and multibiomarker approach to assess the health of catfish *Sciades herzbergii* in a harbor from the northern

Brazilian Amazon. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 208, p. 111540, 2021.

PUNTORIERO, María Laura; CIRELLI, Alicia Fernández; VOLPEDO, Alejandra Vanina. Histopathological changes in liver and gills of *Odontesthes bonariensis* inhabiting a lake with high concentrations of arsenic and fluoride (Chasicó Lake, Buenos Aires province). **Revista Internacional de Contaminación Ambiental**, v. 34, n. 1, p. 69-77, 2018.

QUALHATO, G., DE SABÓIA-MORAIS, S. M. T.; SILVA, L. D.; ROCHA, T. L. Melanomacrophage response and hepatic histopathologic biomarkers in the guppy *Poecilia reticulata* exposed to iron oxide (maghemite) nanoparticles. **Aquatic Toxicology**, v. 198, p. 63-72, 2018.

REDDY, P. B.; RAWAT, S. S. Assessment of aquatic pollution using histopathology in fish as a protocol. **International Research Journal of Environment Sciences**, v. 2, n. 8, p. 79-82, 2013.

RIBEIRO, G. C.; CATTANI, A. P.; HOSTIM-SILVA, M.; CLEZAR, L.; DOS PASSOS, A. C.; SOETH, M.; CARDOSO, O. R.; SPACH, H. L. Marine ichthyofauna of Santa Catarina Island, Southern Brazil: checklist with comments on the species. **Biota Neotropica**, v. 19, n. 3, 2019.

ROCHA, C.H.S. **Bioacumulação de metais e presença de metalotioneína no caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (LINNAEUS, 1763)**. 2017. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Maranhão, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação, São Luis, MA.

RODRIGUES, C. A. L.; RIBEIRO, R. P.; SANTOS, N. B.; ALMEIDA, Z. S. Patterns of mollusc distribution in mangroves from the São Marcos Bay, coast of Maranhão State, Brazil. **Acta Amazonica**, v. 46, n. 4, p. 391-400, 2016.

SANT'ANA JÚNIOR, H. A. S. A. Complexo Portuário, Reserva Extrativista e desenvolvimento no Maranhão. **Caderno CRH**, v. 29, n. 77, p. 281-294, 2016.

SOARES, S. H. C.; SOUSA, D. B. P.; JESUS, W. B.; CARVALHO-NETA, R. N. F. Biomarcadores histológicos em *Sciades herzbergii* (Pisces, Ariidae) para avaliação de impactos em ambientes estuarinos da Baía de São Marcos, Maranhão. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 72, n. 4, p. 1403-1412, 2020.

SOUSA, D. B.; SANTOS, N. B.; OLIVEIRA, V. M.; CARVALHO-NETA, R. N.; ALMEIDA, Z. S. Carcinofauna bêntica estuarina de dois manguezais da costa amazônica maranhense, Brasil. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 105, p. 339-347, 2015.

SOUSA. D.B.S.; ALMEIDA, Z.S.; CARVALHO-NETA, R.N.F. Biomarcadores histológicos em duas espécies de bagres estuarinos da Costa Maranhense, Brasil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.65, p.369-376, 2013.

VAN DER OOST, R.; BEYER, J.; NICO, P. E.; VERMEULEN. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. **Environmental toxicology and pharmacology**, v. 13, n. 2, p. 57-149, 2003.

VIANA, T. M. A.; DE OLIVEIRA, S. R. S.; TORRES, H. S.; DE JESUS, W. B.; TEIXEIRA, A. F.; NETA, R. N. F. C. Biomarcadores histológicos em brânquias e fígados de *Sciades herzbergii* (Bloch, 1794) em uma área portuária e em uma de proteção ambiental-MA, Brasil. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 41047-41065, 2021.

VIEIRA, C. E. D.; COSTA, P. G.; CALDAS, S. S.; TESSER, M. E.; RISSO, W. E.; ESCARRONE, A. L. V.; PRIMEL, E. G.; BIANCHINI, A.; MARTINEZ, C. B. R. Uma abordagem integrada nos agroecossistemas subtropicais: biomonitoramento ativo,

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE,
ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

contaminantes ambientais, bioacumulação e vários biomarcadores em peixes. **Ciência do Meio Ambiente Total**, v. 666, p. 508-524, 2019.

**CARACTERIZAÇÃO GENÉTICA DE POPULAÇÕES DE
BACURIZEIROS (*Platonia insignis* Mart.) NOS MUNICÍPIOS
DE MORROS E CHAPADINHA NO ESTADO DO
MARANHÃO, POR MEIO DO MARCADOR MOLECULAR
ISSR**

Thailson de Jesus Santos Silva¹

José de Ribamar Silva Barros²

Gabriel Garcês Santos³

Rômulo Nunes Sousa⁴

Luis Alberto Rocha Rodrigues Junior⁵

André de Sena Rodrigues⁶

INTRODUÇÃO

O bacurizeiro (*Platonia insignis* Mart) pertence à família Clusiaceae e ao gênero *Platonia*, única espécie pertencente a este gênero. Considerada uma espécie frutífera e madeireira popular na Região Amazônica e Nordeste (HOMMA *et al*, 2018). Dentro da família botânica Clusiaceae se destaca algumas frutíferas por sua importância econômica e alimentar como o bacurizeiro. Esta família

¹ Graduando em Engenharia Agrônômica pela Universidade Estadual do Maranhão – UEMA.

² Doutor em Genética, Conservação e Biologia Evolutiva pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (2007). Atualmente é professor adjunto da Universidade Estadual do Maranhão e chefe do Departamento de Biologia (DBio/CECEN/UEMA).

³ Mestrando em Genética, conservação e biologia evolutiva pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA.

⁴ Graduando em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual do Maranhão – UEMA.

⁵ Graduando em Engenharia Agrônômica pela Universidade Estadual do Maranhão – UEMA.

⁶ Graduando em Engenharia Agrônômica pela Universidade Estadual do Maranhão – UEMA.

engloba aproximadamente 1.000 espécies subordinadas a 47 gêneros distribuídas em regiões tropicais e subtropicais do mundo. No Brasil são encontrados 20 gêneros com cerca de 183 espécies distribuídas por diversas regiões do país (LEITE, 2018). Essa árvore ocorre naturalmente desde o arquipélago de Marajó, na foz do rio Amazonas, até o Piauí, seguindo a costa do Pará e do Maranhão. Seu provável centro de origem é o estado do Pará pela diversidade encontrada de formas e tamanhos de frutos, (CORADIN *et al*, 2018).

O fruto do bacuri é apreciado e utilizado na cultura alimentar das populações Amazônicas e parte do Nordeste do Brasil, particularmente nos Estados do Maranhão e Piauí. O bacuri pode ser consumido diretamente, sua polpa é agri-doce, rica em vitamina C, Ca, K, Mg, Fe, Zn e Cu e proteínas. Na agroindústria é usado para produção de sorvetes, sucos, doces, geleias e licores (YAMAGUCHI *et al*, 2014; CORADIN *et al*, 2018; HOMMA *et al*, 2018). Sua casca constitui a maior porção do fruto, apresenta sabor e odor semelhantes ao da polpa, aproveitada para fabricação de doces, sorvetes e cremes, o que pode aumentar o rendimento do fruto, para isso é necessário seu cozimento devido a quantidades de resinas como a pectina que pode ser usada na fabricação geleias (CARMO *et al*, 2016; CORADIN *et al*, 2018).

O extrato das sementes do bacuri pode ser usado pela indústria farmacêutica, uma vez que seu extrato possui ácidos graxos insaturados, diterpenos, dentre outros compostos que possuem

atividade leishmanicida, antioxidante *in vitro*, antimicrobiana, anticonvulsivante e antiinflamatória (NASCIMENTO *et al*, 2014; YAMAGUCHI *et al*, 2014). A gordura extraída das sementes é utilizada na medicina popular no tratamento de diarreia, problemas de pele, dores de ouvido, picadas de aranhas e cobras, reumatismos, artrites e como cicatrizante (YAMAGUCHI *et al*, 2014).

Estudos que comparam a estrutura genética populacional de espécies vegetais são fundamentais para reconhecimento da perda genética real, fornecendo diretrizes para o uso racional dos recursos naturais e para que estratégias de conservação sejam propostas, garantindo a sobrevivência das espécies. O uso do marcador molecular ISSR tem se mostrado eficiente para identificar diversidade genética em diferentes espécies, sendo observado nos resultados dos trabalhos de Lorenzoni *et al*. (2014); Costa *et al*. (2015); Pontes *et al*. (2017); Santos *et al*. (2017). Os marcadores ISSR são fragmentos de DNA obtidos a partir da amplificação via PCR, que utiliza um único primer, com tamanho entre 16 a 20 pares de bases. Durante a PCR, o iniciador “primer” amplifica diversas regiões intermicrossatélites do DNA-alvo, produzindo múltiplos fragmentos de tamanhos variados (100 a 3.000 pb), posteriormente são separados por eletroforese para a visualização dos fragmentos “locos” (COSTA *et al*, 2015). Por ser um marcador dominante, a presença de um “loco” pode significar um homozigoto dominante ou heterozigoto, enquanto sua ausência representa um homozigoto recessivo. Esse

marcador molecular tem sido usado amplamente por ser uma técnica simples, rápida, eficiente, possuir alta reprodutibilidade e gerar altos índices de polimorfismo além de possuir um custo reduzido (SOUZA, 2015).

Apesar de ser uma espécie relevante para a cultura das populações Amazônicas e parte do Nordeste, as matas de bacuri vem sofrendo constante destruição provocada pela atividade agropecuária e extração de madeira. A destruição dessas matas na pré-Amazônia-Maranhense e em toda a região Meio-Norte do Brasil, vem implicando na perda de boa parte da variabilidade genética, que pode levar a fragmentação das populações e limitação evolutiva (CARVALHO; NASCIMENTO, 2018). Com isso o objetivo desse trabalho é caracterizar geneticamente populações de bacurizeiros (*Platonia insignis* Mart.) por meio de marcadores ISSR (Inter Simple Sequence Repeats) nos municípios de Morros e Chapadinha no Estado do Maranhão.

METODOLOGIA

Coleta das amostras

Foi realizado o levantamento da ocorrência de populações naturais de bacurizeiros nos municípios de Morros e Chapadinha no Estado do Maranhão, sendo coletada 15 amostras de tecido foliar de bacurizeiros de Morros e 13 de Chapadinha, totalizando 28 amostras. Cada amostra teve sua coordenada geográfica coletada. Na coleta foi

usado um espaçamento mínimo de 15 metros entre cada planta, devido a biologia de reprodução da espécie, que permite a propagação vegetativa a uma distância considerável da planta mãe. De cada indivíduo foi coletado cerca de dez folíolos, mantidos em sílica gel até o momento da extração de DNA. As amostras coletadas foram encaminhadas ao Laboratório de Genética e Biologia Molecular Warwick Estevam Kerr (LABWICK) para processamento das etapas de extração e amplificação do DNA.

Extração de DNA, e amplificação dos locus ISSR.

A extração do DNA genômico foi realizada com base no protocolo CTAB de Doyle e Doyle (1987) com algumas adaptações, processada da seguinte forma: a) adicionou-se no tubo, já contendo o tecido foliar (1 g) 700 µl de tampão de extração CTAB 2%, em seguida encubou-se no banho-maria a uma temperatura de 65°C por uma 1 hora; b) logo após foi adicionado 600µl de CIA (clorofórmio-álcool isoamílico 24:1); c) posteriormente realizou-se a primeira centrifugação a uma velocidade máxima (12000 rpm) durante 7 minutos, para que a fase aquosa e orgânica fossem separadas; d) a fase aquosa foi transferida para um novo tubo, sendo adicionado 100 µl de CTAB 10%, e depois, mais 600 µl de CIA (clorofórmio-álcool isoamílico 24:1); e) prosseguiu-se então a segunda centrifugação a uma velocidade máxima de 12000 rpm durante 7 minutos; f) novamente foi transferida a fase aquosa na parte superior para um

novo tubo, adicionando 500 µl de álcool isopropanol, os tubos foram colocados no freezer -20°C por uma hora; g), foi realizada a centrifugação dos tubos a 7500 rpm durante 5 minutos para formar o pellet (Figura 1); h) depois descartou-se o álcool e o pellet foi lavado com álcool três vezes, e em cada intervalo, realizou-se a centrifugação e depois o descarte do álcool, os tubos foram colocados em papel toalha para secar; i) em seguida foram colocados na estufa para evaporar todo álcool; j) por último foi adicionado 50 µl TE nos tubos para ressuspender o pellet de DNA, sendo posteriormente levados ao freezer para conservação do material.

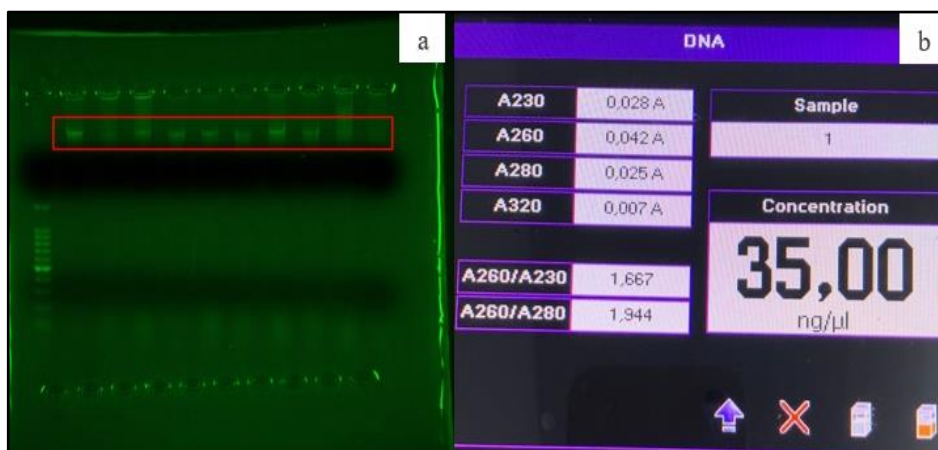
Figura 1. Pellet de DNA formado no processo de extração.



Fonte: Arquivo pessoal dos autores

Após a extração de DNA e corrida em eletroforese (Figura 2-a), o material genético foi quantificado e determinado sua pureza no aparelho BioDrop (Figura 2-b). O DNA das 28 amostras foram submetidas à técnica de PCR (Reação em Cadeia da Polimerase). Para a amplificação da região específica a ser investigada foram selecionados 3 primers do marcador ISSR (Tabela 1).

Figura 2. Extração de DNA e corrida em eletroforese (a), quantificação e determinação da pureza do DNA (b).



Fonte: Arquivo pessoal dos autores.

Tabela 1. Lista de pares de sequências de primers e suas condições de amplificação.

| Primer | Temperatura de anelamento °C | Sequência 5' - 3' |
|---------|------------------------------|-------------------|
| UBC 826 | 59 | (AC)8C |
| UBC 827 | 59 | (AC)8G |
| UBC 834 | 53 | (AG)8YT |

Y: C ou T

Fonte: Elaborada pelos autores.

As reações de PCR foram realizadas usando um volume final de 13 μL , de acordo com o protocolo de Viana et al. (2019). A PCR foi realizada em termociclador Veriti™ 96-Well Fast Thermal Cycler (Applied Biosystems), programada da seguinte forma: 94°C por 4 minutos, 35 ciclos [1 minuto a 94°C; 1 minuto a 50°C e 3 minutos a 72°C] e a extensão a 72°C por sete minutos. Os produtos das ampliações foram separados por eletroforese horizontal em gel de agarose a 1 % por 1 hora e 30 minutos, corados com 12,5 \times Brometo de etídio. Em seguida foi feita sua visualização em transiluminador UV e posterior foto documentação.

Análises estatísticas

Os produtos amplificados na reação de PRC “locus” foram designados como um único caractere, onde sua presença vai ser representada por “1” e ausência por “0”. Os marcadores ISSR foram convertidos em uma matriz binominal (0/1). A relação genética entre os genótipos foi estimada pelo coeficiente de Jaccard, que resultou em uma matriz de similaridade. A concordância entre a matriz de similaridade e o dendrograma foi estimada pelo coeficiente de correlação cofenético (r), segundo Sokal; Rohlf (1962). O dendrograma foi encontrado através do Método do Grupo de Pareamento não Ponderado usando médias aritméticas (UPGMA) para ilustrar a relação entre as populações coletadas. Foi realizada também a análise de coordenadas principais (PCoA) para mostrar a

relação entre as amostras. Estas análises foram processadas no software PAST, versão 1.34 (HAMMER et al, 2001).

A estrutura genética da população (heterozigosidade - H_e), bem como os valores de diferenciação genética de uma única população ou entre populações (índice de fixação- F_{st}) foram analisados no software Arlequin 3.11 (EXCOFFIER *et al*, 2005). O teste de gargalo genético foi executado no software Bottleneck 1.2 (CORNUET; LUIKART, 1997), para verificar se houve redução recente ou efetiva das populações através dos modelos de alelos infinitos (I.A.M.) e modelo de mutação por etapas (S.M.M.). A análise de variância molecular (AMOVA) também foi usada para mostrar a distribuição da diversidade genética dentro e entre as populações, sendo criados dois níveis hierárquicos, diversidade entre cada uma das populações e diversidade dentro das populações. A AMOVA foi realizada de acordo com Excoffier *et al*. (2005), com o auxílio do software Arlequin e por meio do programa Fingerprint Analysis with Missing Data 1.31 (FAMD).

RESULTADOS

Todos os primers testados, UBC 826, UBC 827 e UBC 834 amplificaram, apresentando um total de “locus” de 8, 9 e 9 (Tabela 2). O primer UBC 826 apresentou a menor quantidade de “lóculos”, $n = 8$. Neste estudo a porcentagens de polimorfismo para todos os primers foi de 100%. Resultados diferentes foram encontrados por

Sanches *et al.* (2017), que para o primer UBC 826 obteve o total de “locus” n = 10 com 5 “locus” polimórficos, com uma porcentagem de polimorfismo de 50%, inferior ao encontrado no presente trabalho, no mesmo trabalho o primer UBC 827 também apresentou valores abaixo do encontrado para o número total de “locus”, locus polimórficos e porcentagem de polimorfismo. Para o primer UBC 834 Pontes *et al.* (2017) encontrou um número total de “locus” 10 com 5 polimórficos, apresentando uma porcentagem de polimorfismo de 50%. O número total de “locus” amplificados foi de 26, sendo 26 locus polimórficos. Resultado diferente foi encontrado por Souza *et al.* (2018), que ao usarem 5 primers obtiveram um total de 85 bandas, sendo 56 polimórficas. Esse maior número de “locus” totais amplificados e locus polimórficos é proveniente do uso de um maior número de primers pelos autores.

Tabela 2. Identificação dos primers, número de locus amplificados e taxas de polimorfismos para as 28 amostras de bacurizeiro (*Platonia insignis* Mart.).

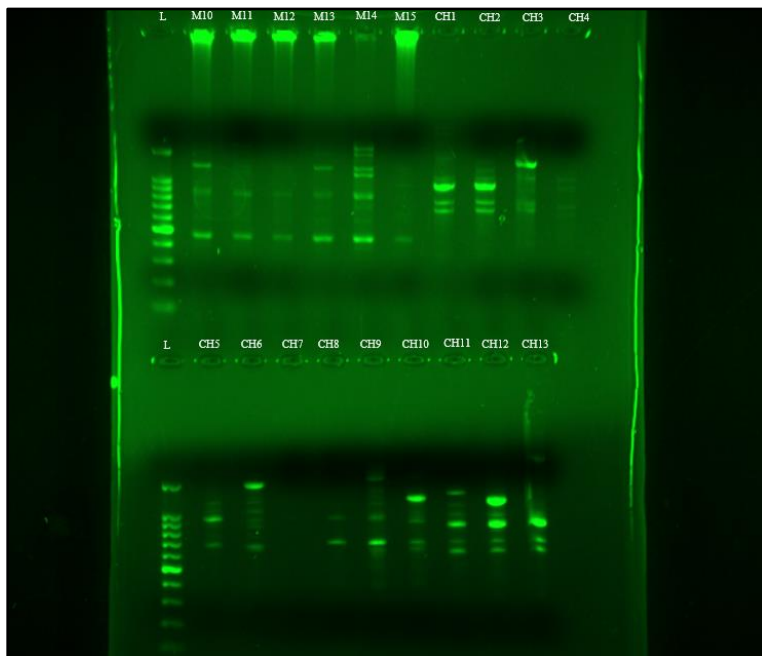
| N. | | | | | |
|----------|---------|-----------|----------------|-----------------|---------------|
| Amostral | Primer | Sequência | Total de locus | Locus Polimorf. | % de Polimorf |
| | UBC 826 | (AC)8C | 8 | 8 | 100% |
| 28 | UBC 827 | (AC)8G | 9 | 9 | 100% |
| | UBC 834 | (AG)8YT | 9 | 9 | 100% |
| Total | | | 26 | 26 | 100% |

Y: C ou T

Fonte: elaborada pelos autores

O polimorfismo pode ser observado no gel de agarose do primer UBC 827, pelas diferenças observadas no padrão das bandas (Figura 3). O polimorfismo genético corresponde as variações na sequência de alelos, bases nucleotídicas ou na estrutura cromossômica. Com esse parâmetro é possível estimar a eficiência dos marcadores na avaliação da diversidade genética (MESQUITA, 2020).

Figura 3. Produtos da amplificação do primer ISSR UBC 827, para as amostras M 10 a M 15 e CH 1 a CH 13.



Fonte: Arquivo pessoal dos autores.

Na AMOVA os resultados de estruturação genética (Tabela 3), mostraram uma maior diversidade genética dentro de populações,

com 66,69 % e menor diversidade entre populações com 33,31%. Resultados similares foram encontrados por Garcia *et al.* (2020), que encontraram maior diversidade genética dentro das populações de Baru 60,81 % e menor diversidade entre populações 39,19%. Valores semelhantes também foram encontrados por Mesquita (2020), com maior diversidade genética dentro de populações 88,58% e menor diversidade entre populações 11,41%. A maior diversidade dentro das populações de bacurizeiros é explicada pela proximidade geográfica e pelo fato dessa espécie ser alógama com autoincompatibilidade esporofítica, o que favorece um maior fluxo gênico dentro das populações, por isso entre populações foi averiguado menor diversidade genética, visto que a maior distância geográfica e as características reprodutivas e biológicas dessa espécie impedem esse fluxo gênico (PONTES *et al.*, 2017).

Para o índice de F_{st} e ϕ_{ST} foi obtido o valor de 0,333 e 0,358. Os valores para o F_{st} (ϕ_{ST}) podem variar de 0 (sem diversidade genética) a 1 (fixação de alelos), o resultado obtido na pesquisa para esse índice foi inferior a 1. Wright (1978) propôs a interpretação dos valores do F_{st} , onde: de 0 a 0,05, pouca diferenciação genética; de 0,05 a 0,15, diferenciação moderada; de 0,15 a 0,25, grande diferenciação genética; e valores acima de 0,25 significam alta diferenciação genética. A interpretação dos Valores de F_{st} e ϕ_{ST} demonstram que as populações de bacurizeiros analisadas para Morros e Chapadinha possuem uma alta diferenciação genética.

Resultado diferente foi observado por Mesquita *et al.* (2019), que encontraram moderada diferenciação genética $F_{st} = 0.14773$ para populações de bacurizeiro. Para populações de carnaúba Santos (2017) encontrou uma alta diversidade genética $F_{st} = 0,419$. É necessário usar mais marcadores ISSR para melhorar a apuração da diversidade genética das populações de bacurizeiros de Morros e Chapadinha. O baixo número de marcadores usados nesse trabalho pode inferir em uma diversidade genética equivocada nas áreas de estudo, visto que outros trabalhos na literatura usaram uma maior quantidade de marcadores moleculares ISSR, encontrando valores diferentes.

Tabela 3. Análise da variância molecular (AMOVA) da estrutura genética de *P. insignis* entre e dentro de populações, genotipadas com marcadores ISSR.

| Fonte de Variação | Soma de quadrados | Componente de Variação | % de Variação | P |
|----------------------|-------------------|------------------------|---------------|-------------|
| Entre Populações | 28.148 | 1.76696 | 33.31 | 0.000 00 |
| Dentro de populações | 91.959 | 3.53688 | 66.69 | |
| Total | 120.107 | 5.30385 | 100 | |
| Fst | 0.33315 | | | |
| φST | 0,35817 | | | |

Fonte: elaborada pelos autores

O índice de diversidade genética de Nei teve uma variação de 0,411 a 0,334 para as populações de Morros e Chapadinha (Tabela 4). Resultado semelhante foi encontrado por Souza *et al.* (2018) que

obtiveram o valor de 0,383 para uma população de *Plathymentia reticulata* Benth. Para populações de *Copernicia prunifera* (Miller) H.E. Moore (ARECACEAE) Santos (2017) encontrou o valor de 0,356. O resultado do índice de diversidade de Nei (1978) pode ser interpretado como: baixa, quando a distância é menor que $<0,05$; média, entre $0,05$ e $0,15$; e alto, quando $> 0,15$. O valor encontrado para o índice de diversidade de Nei indica uma alta diversidade genética para as populações de Morros e Chapadinha. A diversidade genética medida pelo índice de Nei, varia dependendo da biologia reprodutiva da espécie e da saúde do ambiente onde estão inseridas (MESQUITA, 2020).

Para o teste do gargalo genético foi observado uma variação de 0,4117 a 0,3346. O H_e foi maior que H_{eq} modelo (I.A.M) e (S.S.M) em todos os locus, para Morros e Chapadinha (Tabela 4). Resultado diferente foi obtido por Mesquita (2020), onde os valores de H_{eq} foram superiores ao de H_e para populações de bacuri, representando uma possível perda de alelos e decréscimo populacional em curto prazo. Ao estudar a diversidade genética de populações de bacurizeiro, Santos et al. (2017) também verificou para alguns primers valores de H_{eq} superiores a H_e em populações de bacuri. Para a população de Chapadinha foi observado que o valor de $H_e = 0,2951$ está muito próximo dos valores de H_{eq} , modelo (I.A.M) e (S.S.M), isso indica um gargalo genético para o primer 827, resultando na perda de alelos e diminuição da população em curto

prazo. O crescimento do desmatamento, atividade agrícola e os constantes eventos de queimadas no município de Chapadinha podem estar levando a perda da diversidade genética das populações de bacurizeiros na área (SANTOS *et al*, 2017; MESQUITA *et al*, 2019).

Tabela 4. Índices de diversidade de Nei (He) e testes de equilíbrio entre mutação e deriva genética para as populações de *P. insignis* sobre os modelos I.A.M. e S.M.M.

| Primer | Q. de Locus | M | CH | He (Total) | Heq (I.A.M) | Heq (S.S.M) |
|---------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|
| UBC 826 | 8 | 0,3928 3 | 0,35112 | 0,35112 | 0,25012 | 0,29312 |
| UBC 827 | 9 | 0,4091 6 | 0,2951 2 | 0,30344 | 0,24911 | 0,29111 |
| UBC 834 | 9 | 0,4333 3 | 0,3575 5 | 0,35755 | 0,25077 | 0,28844 |
| Média | | 0,41177 | 0,3346 | 0,33737 | | |
| Desvio | | 0,0203 8 | 0,0343 4 | 0,02956 | | |

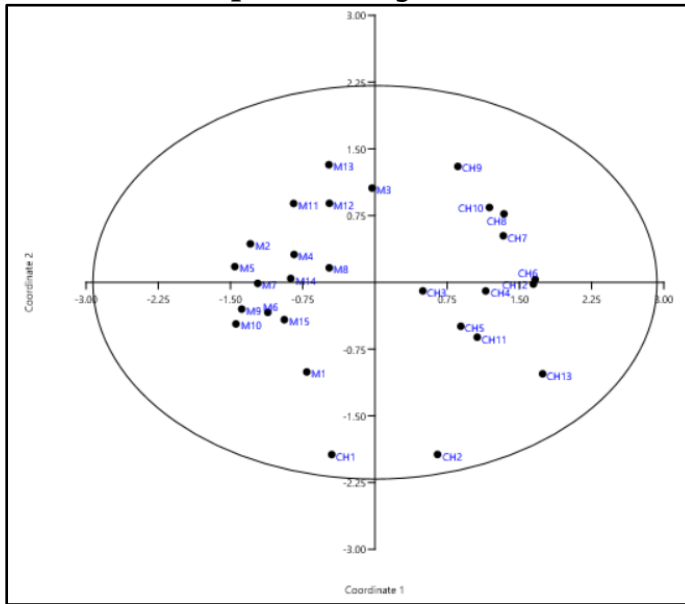
*Q – Quantidade de Locus; MR – Morros; CH – Chapadinha; S.M.M – Modelo de mutação por etapas; I.A.M – Modelo de alelos infinitos; He – Índices de diversidade de Nei.

Fonte: elaborada pelos autores.

A análise de coordenadas principais (PCoA) revelou interação entre todos os indivíduos estudados (Figura 4). Essa interação se relaciona com o resultado da AMOVA que evidenciou baixa diversidade genética entre as populações Morros e Chapadinha. Essa análise também leva em consideração a distribuição geográfica. A distância geográfica entre as duas localidades e as características reprodutivas e biológicas do bacurizeiro, podem impedir a troca de

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE,
ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
genes entre as populações de Morros e Chapadinha (PONTES *et al*,
2017; MESQUITA, 2020).

Figura 4. Diagrama bidimensional da primeira e segunda coordenadas (eixo), análise de coordenadas principais (PCoA) para *P. insignis*.

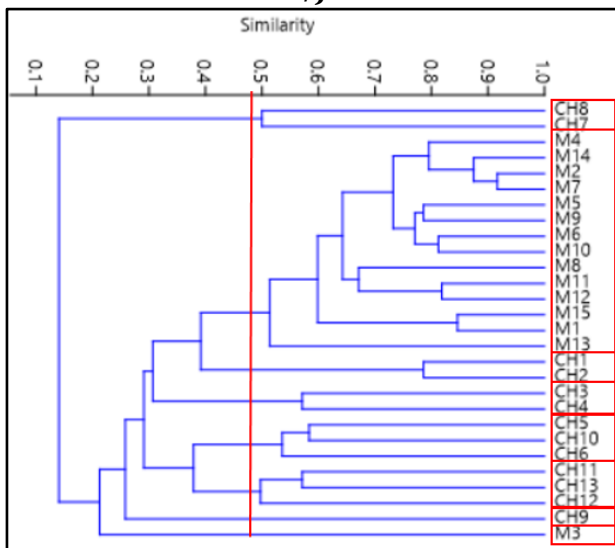


Fonte: Arquivo pessoal dos autores.

Os valores do coeficiente de correlação cofenética calculados na matriz de distância foi de 0,9039, sua variação foi de 0,1 a 0,9039 indicando altas e baixas correlações entre os indivíduos. O dendrograma formou 8 grupos, o maior grupo continha 14 amostras das 28 que englobou, dessas 14 amostras foi observado apenas indivíduos provenientes de Morros, os demais grupos formados tinham um menor número de indivíduos (Figura 5). Os indivíduos

mais distantes são M2 e M7 em comparação com M3. Resultados diferentes foram obtidos por Souza *et al.* (2018), que encontraram o coeficiente de correlação cofenética de 0,8597 para o vinhático (*Plathymenia reticulata* Benth), Pontes *et al.* (2017) encontraram o valor de 0,88 para progênies de bacurizeiros. Valores para a coeficiente de correlação cofenética acima de 0,56 demonstram uma boa concordância entre a matriz dissimilaridade (complemento de Jaccard) e a matriz cofenética, então quanto maior for o valor desse coeficiente, menor será a distorção provocada ao agrupar os indivíduos melhorando assim a confiabilidade dos resultados (LORENZONI *et al.*, 2014).

Figura 5. Análise de agrupamento das 28 amostras de *P. insignis* com base nos 3 marcadores ISSR, utilizando o método UPGMA/Jaccard.



Fonte: Arquivo pessoal dos autores.

CONCLUSÃO

Concluiu-se que as populações de Bacurizeiros de Morros e Chapadinha possuem elevada diversidade genética com base nos parâmetros avaliados. É necessário destacar que a população de Chapadinha pode estar sofrendo perda de diversidade genética, devido ao crescimento do desmatamento, atividade agrícola e os constantes eventos de queimadas, sendo necessárias medidas que assegurem a conservação dessa espécie na área.

Os 3 marcadores ISSR selecionados no trabalho são eficientes na identificação do polimorfismo molecular entre os indivíduos de Bacurizeiro. É necessário que sejam testados mais marcadores ISSR para melhorar a apuração da diversidade genética dessa espécie.

REFERÊNCIAS

CARMO, J. R.; MATTIETTO, R. A.; LANES, J. J. S. N. Caracterização físico-química e determinação de compostos bioativos em casca de bacuri. **xxv Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 55, n. 91, p. 1-6, 2016.

CARVALHO, José Edmar Urano de.; NASCIMENTO, Walnice Maria Oliveira do. **Bacuri**. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 2018.

CORADIN, Lidio; CAMILLO, Julcéia; PAREYN, Frans Germain Corneel. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região Nordeste**. Brasília, DF: MMA, 2018

CORNUET, Jean Marie.; LUIKART, Gordon. Description and power analysis of two tests for detecting recent population bottlenecks from allele frequency data. **Genetics**, v. 144, n. 4, p. 2001-2014, 1997.

COSTA, D. F.; VIEIRA, F. A.; FAJARDO, C. G.; CHAGAS, K. T. Diversidade genética e seleção de iniciadores issr em uma população natural de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) (APOCYNACEAE). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 4, p. 970-976, 2015.

DOYLE, Jeff J.; DOYLE, Jan L. A rapid DNA isolation procedure from small quantities of fresh leaf tissues. **Phytochem Bull.** 19:11-15, 1987.

EXCOFFIER, L.; LAVAL, G; SCHNEIDER, S. Arlequin ver. 3.0: an integrated software package for population genetics data analysis. **Evolutionary Bioinformatics Online**, v. 1, p. 7-50, 2005.

GARCIA, D. C. F.; BRANDÃO, M. M.; OLIVEIRA, D. A.; CUNHA, J. U. G. F.; JÚNIOR, A. F. M.; MENEZES, E. V.; JUNIOR, E. R. V.; JÚNIOR, Á. B. C. Análise da Diversidade Genética do Baru usando Marcadores Moleculares ISSR. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 48949-43060, 2020.

HAMMER O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. **Paleo. Electron**, v. 4, p. 1-9, 2001.

HOMMA, A. K. O.; MENEZES, A. J. E. A.; CARVALHO, J. E. U.; MATOS, G. B. Manejo e plantio de bacurizeiros (*Platonia insignis* Mart.): a experiência no manejo e domesticação de um recurso da biodiversidade amazônica. **Inclusão Social**, v. 12, n. 1, p. 48-57, 2018.

LEITE, Marcondes Lopes. **Propagação assexuada de fruteiras da família clusiacea: bacurizeiro (*Platonia insignis* Mart.) e bacuparizeiro (*Garcinia gardneriana* (Planch & Triana) Zappi).** Jaboticabal. Universidade Estadual Paulista. 2018. p. 37. Dissertação

(mestrado). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2018.

LORENZONI, M. R.; SOARES, T. C. B.; SANTIAGO, V. F.; SILVA, J. A.; COELHO, R. I. Utilização de marcadores ISSR na avaliação da divergência genética entre acessos de biribazeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. SPEC. EDITION 1, p. 251–257, 2014.

MESQUITA, Jonas Alves. **Caracterização genética de bacurizeiros (*Platonia insignis* Mart.) por meio do marcador molecular ISSR da Bacia Hidrográfica do Munim - Maranhão**. São Luís. Universidade Estadual do Maranhão. 2020. p. 28. Monografia (Graduação). Curso de Engenharia Agrônômica. Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2020.

MESQUITA, Jonas Alves.; SANTOS, Edyane Moraes dos.; BARROS, André Luiz Raposo.; SANTOS, Gabriel Garcês.; NASCIMENTO, Claudio Adriano de Jesus.; SILVA, Luana Corrêa.; ARAÚJO, Phelipe Silva de.; BARROS, José de Ribamar Silva. Diversidade genética do Bacurizeiro (*Platonia insignis* MART.) utilizando o marcador ISSR em Chapadinha – MA. In: NETO, Benedito Rodrigues da Silva. **Estado da Arte da Pesquisa em Recursos Genéticos**. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019.

NASCIMENTO, J. L.; COELHO, A. G.; BARROS, Y. S. O.; SILVA, O. A.; FREITAS, R. M.; ROCHA, M. S.; DAVID, J. M.; JÚNIOR, J. S. C.; ARCANJO, D. D. R.; OLIVEIRA, R. C. M.; CITÓ, A. M. G. L. Avaliação da atividade antioxidante in vitro do extrato hexânico da semente do bacuri (*Platonia insignis* Mart.) e de seu complexo de inclusão com β -ciclodextrina. **Boletim Informativo Geum**, v. 5, n. 2, p. 44–53, 2014.

NEI, M. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. **Genetics**, v. 89, p. 583–590, 1978.

PONTES, L. C. G.; MOURA, E. F.; MOURA, M. F.; RODRIGUES, S. M.; OLIVEIRA, M. S. P.; CAVALHO, J. E. U.; THERRIER, J. Molecular characterization of progenies of bacurizeiro (*Platonia insignis*) from Marajó Island, northeastern Amazon. **Acta Amazonica**, v. 47, n. 4, p. 293-300, 2017.

SANTOS, E. M.; MONTEIRO NETO, C. A. S.; NASCIMENTO, C. A. J.; MUNIZ, F. H.; BARROS, J. R. S. Genetic and population diversity of bacuri (*Platonia insignis* Mart.) in Chapada Limpa extractive reserve, Maranhão State, Brazil. **African Journal of Biotechnology**, v. 16, n. 50, p. 2317-2325, 2017.

SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. The comparison of dendrograms by objective methods. **Taxon**, v. 11, p. 30-40, 1962.

SOUZA, D. C. L. Técnicas moleculares para caracterização e conservação de plantas medicinais e aromáticas: uma revisão. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 3, p. 495-503, 2015.

SANTOS, Jéssica Ritchele Moura dos. **Modelagem do nicho ecológico e diversidade genética de *Copernicia prunifera* (Miller) H.E. Morre (Arecaceae): implantações para a conservação**. Macaíba. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2017. p. 56. Dissertação (Mestrado). Mestrado em Ciências Agrárias. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba/RN, 2017.

SOUZA, L. C.; JÚNIOR, A. L. S.; MIRANDA, F. D.; SOUZA, M. C.; KUNZ, S. H.; PEREIRA, A. G. Validação do marcador molecular ISSR para detecção de diversidade genética em *Plathymentia reticulata* Benth. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.13, n.1, p. 1-6, 2018.

SANTOS, E. M.; MONTEIRO NETO, C. A. S.; NASCIMENTO, C. A. J.; MUNIZ, F. H.; BARROS, J. R. S. Genetic and population diversity

of bacuri (*Platonia insignis* Mart.) in Chapada Limpa extractive reserve, Maranhão State, Brazil. **African Journal of Biotechnology**, v.16(50), p. 2317-2325. 2017.

SANCHES, J. P.; MOURA, E. F.; OLIVEIRA, M. S. P.; RODRIGUES, S. M. Caracterização molecular de Bacurizeiro (*Platonia insignis* Mart.) de ocorrência natural, através de marcadores issr. **21º Seminário de Iniciação Científica da Embrapa Amazônia Oriental**, Belém/Pará. 2017.

VIANA, L. S.; PEREIRA, T. N. S.; SANTOS, E. A.; VIANA, A. P.; PEREIRA, H. C. C.; RAMOS, A. A. B.; ROSSI, A. A. B. ISSR and SSR markers for determining genetic relationships among three wild species of *Passiflora*. **Genetics and Molecular Research**, v. 18, n. 1, p. 1-10, 2019.

WRIGHT, Sewall. **Evolution and Genetics of Populations**. Chicago: University of Chicago, 1978.

YAMAGUCHI, K. K. L.; PEREIRA, C. V. L.; LIMA, E. S.; JUNIOR, V. F. V. Química e farmacologia do bacuri (*Platonia insignis*). **Scientia Amazonia**, v. 3, n. 2, p. 39-46, 2014.

CHECKLIST DE HEPÁTICAS (MARCHANTIOPHYTA) PARA O MARANHÃO BRASIL

Igor Felipe Paiva Santos¹
Ronisson Ferreira Oliveira²
Gonçalo Mendes da Conceição³

INTRODUÇÃO

As briófitas são representadas por três divisões: Anthocerophyta (antóceros), Marchantiophyta (hepáticas), Bryophyta (musgos) (GRADSTEIN; COSTA, 2003); (SCHOFIELD, 1985). Dentre essas divisões se encontram as hepáticas que são plantas avasculares, criptogramas e apresentam alternância heteromórfica de gerações com dominância da geração gametofítica (perene) sobre a esporofítica (efêmera).

O filo Marchantiophyta diferencia-se dos demais filios pelo achatamento dorsoventral do gametófito e pode ser dividido em duas classes: Marchantiopsida, que compreende em sua maioria as hepáticas talosas complexas, e a classe Jungermaniopsida, que compreende as hepáticas folhosas (GLIME, 2007). Nas hepáticas folhosas, o gametófito é prostrado, pendente ou ereto, o caulídeo está dividido em dois merófitos, laterais e um ventral. O anfigastro pode ser presente ou ausente, os rizoides são geralmente unicelulares e

¹ Graduando do curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual do Maranhão, Campus Caxias; Bolsista PIBIC/FAPEMA

² Mestre do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Ambiente e Saúde (PPGBAS/UEMA).

³ Professor/Doutor da Universidade Estadual do Maranhão, Campus Caxias, Laboratório de Biologia Vegetal (LABIV)

hialinos, originados na região ventral do caulídio (COSTA *et al*, 2010). As formas talosas apresentam simetria dorsiventral, com ou sem nervura mediana, os anterídios são produzidos na superfície do talo, cercados por um invólucro, ou no interior do talo em câmaras anteridiaais (GRADSTEIN *et al*, 2001); (HEINRICHS *et al*, 2005).

As hepáticas podem ser encontradas em locais úmidos e sombreadas, podendo ocorrer numa variedade de ambientes, sendo encontradas desde ambientes abertos, secos e ensolarados a ambientes aquáticos (exceto o marinho), a grande maioria ocorre nas copas e nos troncos das árvores no interior das florestas. (GRADSTEIN; COSTA, 2003); (UNYAL, 1999). Essas plantas possuem grande amplitude de habitats colonizando diversos tipos de substratos: solo (terrícolas), rochas (saxícolas), troncos em decomposição (epíxilas), troncos e ramos de arvores vivas (corticólicas), folhas (epifilas) e substratos artificias (casmófitas) (SCHOFIELD, 1985).

Há ocorrência de 694 espécies de hepáticas para o Brasil, das quais 143 são endêmicas, para o domínio fitogeográfico Cerrado são 162 espécies, para a região nordeste 370 espécies, para o estado do Maranhão 27 espécies consideradas endêmicas (FLORA DO BRASIL, 2020).

O estado do Maranhão encontra-se em uma área de ecótono, possuindo em seu território três domínios fitogeográficos: Cerrado apresentando diferentes fitofisionomias, desde as mais abertas

(campos) ate as matas fechadas; Amazonia com vegetação característica de árvores altas, mata de várzea nas planícies periodicamente inundadas e matas de igapó permanentemente inundadas; e uma pequena porção ao leste do estado de Caatinga, caracterizado por vegetação arbustiva com galhos retorcidos e raízes profundas. (ARAÚJO *et al*, 2016).

Os estudos florísticos com hepáticas têm crescido consideravelmente no estado do Maranhão (BRITO; ILKIU-BORGES, 2014); (COSTA *et al*, 2015); (OLIVEIRA *et al*, 2018), o que confirma que ainda há necessidade de novos estudos florísticos no Estado, com intuito de conhecer a real riqueza de hepáticas no maranhão visto que a região Nordeste apresenta uma riqueza significativa de hepáticas.

Dessa forma, considerando o status de conhecimento de hepáticas para o Maranhão, o objetivo da pesquisa foi fornecer uma lista atualizada dos táxons de hepáticas, presentes no estado, derivados da construção de banco de dados com reanálise de coleções recentes.

METODOLOGIA

Checklist das espécies de Hepáticas

Para construção do Checklist foi construído um banco de coletas das espécies de hepáticas para o estado do Maranhão, tendo como base o banco de dados da coleção do Herbário Prof. Aluizio 25

Bittencourt/HABIT, do CESC/UEMA, além de registros de coleta obtidos nos Repositórios da Flora do Brasil (2020), GBIF–The Global Biodiversity Information Facility (<https://www.gbif.org/>), speciesLink (<http://splink.cria.org.br/>), SIBBR (<https://www.sibbr.gov.br/>), além de dados de herbários internacionais como NY, US, MO. Além da obtenção de dados de repositórios de coletas foram verificadas bibliografias com indicação de táxons de hepáticas ocorrentes no Maranhão, com a indicação de Voucher (Nome do Coletor e número de coleta).

No banco de dados construído, a limpeza e categorização dos registros foi inicialmente dividido em duas classes, sendo uma com os dados considerados válidos, e outra com os considerados não válidos. Foi considerado um registro de coleta válido aquele que possui *Voucher* (nome do coletor mais o número da coleta), o nome da espécie de hepáticas, determinador das espécies, local da coleta, município ou coordenadas e herbário de depósito. O esforço de obtenção de todas as informações desses registros foi realizado com intuito de incluir o maior número possível de registros na categoria de dados válidos. Ressalta-se que através das ferramentas *geo loc* e *Info XY* (CRIA, 2020), foram analisadas e adicionadas todas as coordenadas da classe não válida.

Após categorizados, os dados da classe validados foram verificados de forma taxonômica para detectar se a identificação do registro é confiável. Foram considerados confiáveis os registros que

foram identificados por especialistas /taxonomistas da área, registros que possuem mesma determinação em diferentes herbários, e se o registro analisado foi publicado em periódico científico, qualquer registro que não passou por esses critérios foram considerados não válidos.

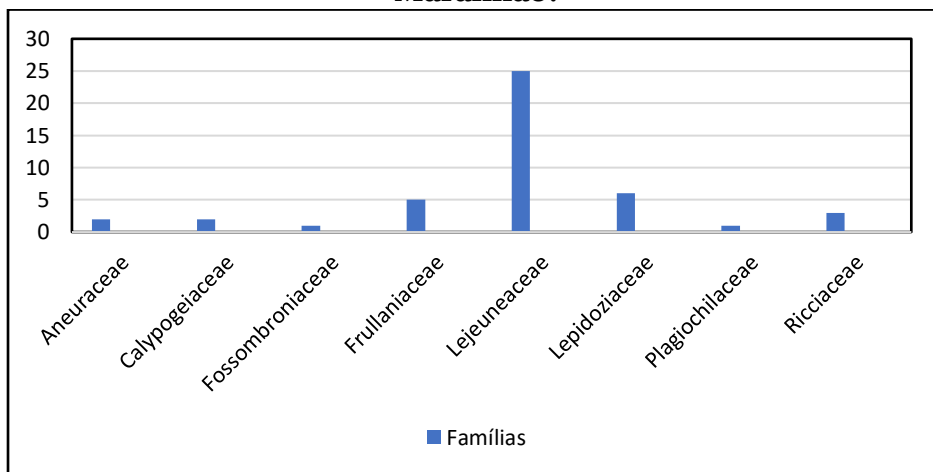
Após a obtenção dos dados foi feita a limpeza e categorização, notou-se que muitos registros não continham as coordenadas geográficas corretas ou mesmo não as possuíam sendo necessário corrigir e adicioná-las. Posteriormente, os dados foram divididos em duas classes: válidos e não válidos, considerou-se um registro de coleta válido, aquele que possuiu *Voucher* (nome do coletor mais o número da coleta), o nome da espécie, determinador da espécie, local da coleta, município ou coordenadas e herbário de depósito. Os demais registros que não possuíam essas informações foram considerados da classe não válida. Com base nos dados da classe válida foi montado o checklist (Tabela 1).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram obtidos um total de 461 registros de hepáticas para o Maranhão distribuídos em 18 famílias, 20 gêneros e 45 espécies, sendo Lejeuneaceae a família mais representativa, possuindo 25 espécies, seguido de Lepidoziaceae seis espécies, Frullaniaceae cinco espécies. As famílias menos representativas em número espécie foram: Ricciaceae três espécies; Aneuraceae duas espécies;

Calypogeiaceae duas espécies. As demais famílias apresentaram apenas uma espécie (Figura 1).

Figura 1. Gráfico representativo do número de espécies por família de Hepáticas inventariadas para o estado do Maranhão.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir dos registros com todas as informações que foram considerados dentro da classe válida, foi construído o checklist com todas as hepáticas do estado do Maranhão (Tabela 1).

Tabela 1. Lista de Hepáticas catalogadas no estado do Maranhão. *Espécie endêmica do Brasil. !Espécies ocorrentes no estado do Maranhão que não são listadas para Flora do Brasil. Distribuição geográfica. Domínios Fitogeográficos: AM: Amazonia, CA: Caatinga, CE: Cerrado, MA: Mata Atlântica, PA: Pampa, PT: Pantanal. Substratos: Co: Corticícola, Ef: Epífila, Ep: Epífita, Ex: Epixila, Ru: Rupícola, Te: Terrícola.

| Famílias | Substrato | Distribuição geográfica | Domínios Fitogeográficos | Voucher |
|---|------------|--|--------------------------|-----------------------------|
| Marchantiophyta | | | | |
| Aneuraceae | | | | |
| <i>Riccardia chamedryfolia</i> (With.) Grolle ! | Ru, Te | DF, GO, MT, ES, MG, RJ, SP, PR, RS | CE, MA | F.B. Costa. 400. (HABIT) |
| <i>Riccardia cataractarum</i> (Mont.) Engel & Merr. ! | Ex, Ru, Te | BA, CE, PB, GO, MS, MT, ES, MG, RJ, SP, RS, SC | CE, MA, PT | F.B. Costa. 111. (HABIT) |
| Calypogeiaceae | | | | |
| <i>Calypogeia miquelii</i> Mont. ! | Ex, Te | AM, PA, CE, PE, MG, RJ | AM, MA | R.R. Oliveira. 162. (HABIT) |
| <i>Calypogeia laxa</i> Gottsche & Lindenb. | Ru, Te | AM, PA, BA, CE, PE, SE, ES, MG, RJ, SP, SC | AM, MA | F.B. Costa. 395. (HABIT) |
| Fossombroniaceae | | | | |
| <i>Fossombronia porphyrorhiza</i> (Nees) Prosk | Ru, Te | TO, BA, CE, MA, PE, PI, DF, GO, MS, MT, ES, MG, SP, RJ, PR, RS | CA, CE, MA, PT | F.B. Costa. 397. (HABIT) |
| Frullaniaceae | | | | |
| <i>Frullania glomerata</i> | Co, Ru | BA, CE, MA, DF, GO, MS, | CA, CE, MA, PT | Vital, D.M. 2977. (|

| | | | | |
|---|---------------|--|---------------------------|--|
| (Lehm. & Lindenb.) Mont | | MT, ES, MG, RJ, SP, PR, RS | | SP- BRYOPHYTA) |
| <i>Frullania platycalyx</i> Herzog ! | Co | PA, RJ, PR, RS, SC | MA | D.L.Medeiros & G.M.Conceição. 206. (HABIT) |
| <i>Frullania ericoides</i> (Nees) Mont | Co, Ru | AC, AM, PA, AL, BA, CE, MA, PB, PE, SE, DF, GO, MS, MT, ES, MG, RJ, SP, PR, RS, SC | AM, CA, CE, MA, PA, PT | F.C.F.Netto; M.A.G.Almeida & V.S.Carvalho. 3D5. (HABIT) |
| <i>Frullania gibbosa</i> Nees ! | Co, Ru | AC, AM, AP, PA, RR, BA, PB, PE, DF,GO,MS,MT, ES, MG, RJ, SP | AM, CA, CE, MA, PT | E.S.Brito & G.M.Conceição. 154. (HABIT) |
| <i>Frullania caulisequa</i> (Nees) Nees !* | Co | MG | MA | E.S.Brito & G.M.Conceição. 202. (HABIT) |
| <i>Lejeuneaceae</i> | | | | |
| <i>Acrolejeunea torulosa</i> (Lehm. & Lindenb.) Schiffn. | Co, Ru | AC, AM, PA, RO, RR, AL, BA, MA, PE, GO, MS, MT, ES, MG, RJ, SP, PR, RS | AM, CE, MA, PT | Vital, D.M. 2978. SP-BRYOPHYTA |
| <i>Dibrachiella parviflora</i> (Nees) X.Q. Shi, R.L. Zhu & Gradst. ! | Co, Ex, Ru | AM, RR, BA, PE, SP | AM, MA | D.L.Medeiros & G.M.Conceição. 130. (HABIT) |
| <i>Thysananthus auriculatus</i> | Co, Ex, Ru | PA, RO, BA, DF, GO, MT, MG, SP | MA | H.C.Vieira & G.M.Conceição. 181. (HABIT) |

| | | | | |
|---|---------------|---|-----------------------|---|
| (Wilson & Hook) Sukkharak &Gradst. ! | | | | |
| <i>Lejeunea phyllobola</i> Nees & Mont. ex Mont. | Co, Ex, Ru | AC, AM, PA, AL, BA, CE, MA, RN, DF, GO, MS, MT, ES, MG, RJ, SP, RS, SC | AM, CA, CE, MA, PT | E.S.Brito & G.M.Conceição. 180. (HABIT) |
| <i>Cheilolejeunea rigidula</i> (Nees ex Mont.) R.M.Schust. | Co | AC, AM, AP, PA, RO, RR, TO, AL, BA, CE, MA, PB, PE, SE, DF, GO, MS, MT, ES, MG, RJ, SP, PR, SC | AM, CA, CE, MA, PT | R.R. Oliveira. 272. (HABIT) |
| <i>Schusterolejeunea inundata</i> (Spruce) Grolle! | Co, Ep | AM, PA | AM | G.P.(Pic) & G.M.Conceição. 17. (HABIT) |
| <i>Cololejeunea diáfana</i> A. Evans !* | Co, Ep, Ru | AM, PA, BA, PE, GO, MT, ES, RJ, SP, RS, SC | AM, CE, MA | E.S.Brito & G.M.Conceição. 209. (HABIT) |
| <i>Acrolejeunea emergens</i> (Mitt.) Steph | Co | AC, AM, PA, RO, RR, BA, CE, MA, DF, GO, MS, MT, ES, MG, RJ, SP | AM, CE, MA, PA, PT | R.R. Oliveira. 533. (HABIT) |
| <i>Lejeunea imersa</i> Spruce ! | Co, Ex, Ru | AM, RO, AL, BA, CE, PE, RJ SP | MA | F.B. Costa. 361. (HABIT) |
| <i>Ceratolejeunea minuta</i> G. Dauphin ! | Co, Ep | AM, PA, BA, PE | AM, MA | E.S.Brito & G.M.Conceição. 372. (HABIT) |

| | | | | |
|---|----------------|--|------------------------|--|
| <i>Frullanoides tristes</i> (Steph.) van Slageren ! | Co, Ru | BA, CE, PE, DF, GO, ES, MG | MA | M.A.Bonfim & G.M.Conceição . 9A. (HABIT) |
| <i>Ceratolejeunea cornuta</i> (Lindenb.) Steph. ! | Co, Ep, Ex, Ru | AC, AM, AP, PA, RO, RR, BA, CE, PE, MG, RJ, SP, PR, SC | AM, MA | F.B. Costa. 27. (HABIT) |
| <i>Lejeunea flava</i> (Sw.) Nees | Co, Ex, Ru | AC, AM, PA, RO, RR, TO, AL, BA, CE, MA, PB, PE, SE, DF, GO, MS, MT, ES, MG, RJ, SP, PR, RS, SC | AM, CA, CE, MA, PA, PT | E.S.Brito; M.Rodrigues & G.M.Conceição. 306. (HABIT) |
| <i>Lejeunea trinitensis</i> Lindenb. ! | Co, Ep, Ex, Ru | AC, AM, BA, CE, PE, SE, GO, MS, MT, ES, MG, RJ, SP, PR | AM, CA, CE, MA, PT | F.B.Costa & G.M.Conceição. 63. (HABIT) |
| <i>Lejeunea glaucescens</i> Gottsche ! | Co, Ex | AC, AM, PA, RR, BA, CE, PE, DF, GO, MS, MT, ES, MG, RJ, SP, PR, RS, SC | AM, CE, MA, PT | G.P.(Pic) & G.M.Conceição. 04. (HABIT) |
| <i>Cololejeunea submarginata</i> Tixier ! | Ep | AM, AL, GO, MT, MG, SP | AM, CE, MA | E.S.Brito & G.M.Conceição. 485. (HABIT) |
| <i>Xylolejeunea crenata</i> (Nees & Mont.) X.-L. He & Grolle | Ex, Ru | AM, AP, PA, RO, RR, AL, BA, MA, PE, ES, MG, RJ, SP, SC | AM, MA | R.R. Oliveira. 08. (HABIT) |
| <i>Lejeunea aphanes</i> Spruce ! | Co | BA, CE | MA | R.F.Oliveira & G.M.Conceição. 17. (HABIT) |

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE,
ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

| | | | | |
|--|------------|--|--------------------|---|
| | | | | |
| <i>Cheilolejeunea adnata</i> (Kunze) Grolle ! | Co | AM, PA, RO, AL, BA, PE, MT, ES, MG, SP, PR, SC | AM, CE, MA | F.B. Costa. 382. (HABIT) |
| <i>Lejeunea capensis</i> Gottsche ! | Co | MG, SP, RJ, RS | MA | F.B. Costa. 426. (HABIT) |
| <i>Cololejeunea microscopica</i> (Taylor) Schiffn ! | Ep, Ex | PA, BA, MG, RJ, SP | AM, MA | R.F.Oliveira. 213. (HABIT) |
| <i>Archilejeunea fuscescens</i> (Hampe ex Lehm.) Fulford. ! | Co, Ex | AC, AM, PA, RO, AL, BA, PE, ES, MG, RJ | AM, MA | R.F.Oliveira. 206. (HABIT) |
| <i>Cheilolejeunea trifaria</i> (Reinw. et al.) Mizut. ! | Co, Ru, Te | AC, AM, PA, RR, AL, BA, CE, PB, PE, DF, GO, MS, MT, ES, MG, SP, RJ, PR | AM, CE, MA, PT | F.B. Costa. 424. (HABIT) |
| <i>Lejeunea laetevirens</i> Nees & Mont. | Co, Ex, Ru | AC, AM, AP, PA, RR, AL, BA, CE, MA, PB, PE, RN, SE, DF, GO, MS, MT, ES, RJ, SP, PR, RS, SC | AM, CA, CE, MA, PT | E.S.Brito & G.M.Conceição. 213. (HABIT) |
| <i>Lejeunea laeta</i> (Lehm. & Lindenb.) Gottsche ! | Ex, Ru, Te | BA, CE, MG, SP, PR, SC | MA | R.S. Fernandes. 1032. (RB) |
| Lepidoziaceae | | | | |

| | | | | |
|---|--------|--|--------------------|--|
| <i>Zoopsidella macella</i> (Spruce) R.M. Schuster * | Co, Te | AM, PA, MA, SE, GO, MT | AM, CA, CE | Vital, D.M. 2937. (SP-BRYOPHYTA) |
| <i>Zoopsidella integrifolia</i> (Spruce) R.M.Schust. | Te | AM, PA, BA, SE, DF, GO, MT, MG, SP | AM, CE, MA | F.B. Costa. 229. (HABIT) |
| <i>Telaranea nematodes</i> (Gottsche ex Austin) M.A.Howe | Te | AC, AM, RR, BA, CE, SE, DF, GO, MS, MT, ES, MG, RJ, SP, RS, SC | AM, CE, MA | D.L.Medeiros & G.M.Conceição. 238. (HABIT) |
| <i>Telaranea diacantha</i> (Mont.) Engel & Merr. | Te | AC, AM, PA, BA, PE, DF, GO, ES, RJ, SP, PR, RS | AM, CE, MA | F.B. Costa. 82. (HABIT) |
| <i>Arachniopsis monodactyla</i> (Spruce) R.M.Schust. †* | Ex | AM | -- | E.S.Brito & G.M.Conceição. 425. (HABIT) |
| <i>Paracromastigum pachyrhizum</i> (Nees) Fulford | Te | DF, GO, ES, MG, RJ, SP, SC | CE, MA | R.R. Oliveira. 203. (HABIT) |
| Plagiochilaceae | | | | |
| <i>Plagiochila disticha</i> (Sw.) Lindenb. | Co, Ru | AC, AM, AP, RR, AL, BA, CE, PB, PE, DF, GO, MS, MT, ES, MG, RJ, SP, PR, RS, SC | AM, CA, CE, MA, PT | R.R. Oliveira. 541. (HABIT) |

| Ricciaceae | | | | |
|--|--------|--|---------------------------|---|
| <i>Riccia stenophylla</i> Spruce | Ru, Te | BA, CE, MA, PB, PE, GO, MS, MT, ES, RJ, SP, PR, RS, SC | CA, CE, MA, PA, PT | Eiten, G.; Eiten, L.T. 4310. (SP- BRYOPHYTA) |
| <i>Riccia vitalii</i> Jovet-Ast | Ru, Te | AM, TO, AL, BA, CE, MA, PB, PE, PI, RN, SE, GO, MS, ES, RS | AM, CA, CE, MA, PA, PT | Vital, D.M. 2974. (SP- BRYOPHYTA) |
| <i>Riccia plano- biconvexa</i> Steph. | Te | TO, AL, BA, CE, PE, RN, DF, GO, MT, ES, RJ, PR, RS, SC | CA, CE, MA, PA, PT | D.L.Medeiros & G.M.Conceição. 320. (HABIT) |

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para o Maranhão foram catalogadas 45 espécies, distribuídas em 8 famílias, sendo a família Lejeuneaceae a mais representativa com 25 espécies, e o gênero *Lejeunea* o mais representativo com 9 ocorrências. A lista também dispõe de 26 ocorrências registradas para o estado do Maranhão que não são listadas na Flora do Brasil (2020), correspondendo a aproximadamente 29% do número de espécies citadas para o estado.

A família Lejeuneaceae se originou recentemente durante o processo evolutivo das briófitas e inclui muitas diversificações independentes, resultando em grande variação morfológica, com várias formas de ocupação de substratos que resultaram nessa grande diversidade apresentada (GROTH-MALONEK *et al*, 2004). A família

é muito bem representada no Cerrado em virtude dos substratos disponíveis como: galhos, troncos de árvores vivas ou caídas, rochas, solos e superfície de folhas vivas (GRADSTEIN *et al*, 2001).

Em outros trabalhos para o estado como de (OLIVEIRA *et al*, 2018) a família Lejeuneaceae também mostrou a maior ocorrência assim como o gênero *Lejeunea*, essa família também é apontada como uma das diversas nos domínios fitogeográficos da Amazonia e do Cerrado (COSTA; LUIZI-PONZO, 2010)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização dessa pesquisa foi importante para o conhecimento da diversidade de hepáticas para o estado do Maranhão, pois forneceu uma lista dos táxons de hepáticas com informações importantes sobre a distribuição geográfica das espécies, fitofisionomias ocupadas e tipos de substratos, além disso, foi possível obter informações de alguns nomes dos táxons que estavam em sinônimos e enquadrados em registros não encontrados, sendo todos os registros revisados e corrigidos. É perceptível a importância de bancos de dados não só de hepáticas mais de briófitas como um todo, em específicos no estado do Maranhão, uma vez que os estudos florísticos com briófitas estão aumentando no estado. Dessa forma há necessidade da ampliação, armazenamento e correção de dados desse grupo que auxiliaram em estudos futuros sobre a riqueza de hepáticas para o Maranhão.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, S. L.; SILVA, G. B.; TORRESAN, E. F.; LUIZ, V.; VICTORIA, D.; VICENTE, E. L.; BOLFE, L. E.; MANZATTO, C. **Conservação da Biodiversidade do Estado do Maranhão: cenário atual em dados geoespaciais**. Embrapa Meio Ambiente Jaguariúna. São Paulo. 2016.

BRITO, E.S.; ILKIU-BORGES, A. L. Briófitas de uma área de Terra Firme no município de Mirinzal e novas ocorrências para o estado do Maranhão, Brasil. **Iheringia, Sér. Bot** v.69, p.133-142, 2014.

COSTA, Denise Pinheiro da.; LUIZI-PONZO, Andréa Pereira. Introdução: as briófitas do Brasil. In: FORZZA, Rafaela Camprostini. **Catálogo de plantas e fungos do Brasil [online]**. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio: Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro. p. 61-68. Vol. 1. ISBN 978-85-8874-242-0. 2010.

COSTA, D. P.; PERALTA, D. F. **Briófitas in Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2020. Disponível em:<<http://reflora.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB128472>>. acesso em 12/05/2020.

Flora do Brasil 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 31 jul. 2021

GBIF. 2021. **Global Biodiversity Information Facility**. Disponível em: www.gbif.org. Acesso em: 10/01/2021.

GLIME, J. M. Bryophyte Ecology. Volume 1. **Physiological Ecology**. Ebook sponsored by Michigan Technological University and the International Association of Bryologists. 2007.

GRADSTEIN, S. R.; COSTA, D. P. The Hepaticae and Anthocerotae of Brazil. **Memoirs of the New York Botanical Garden**, 86: 1-577. 2003.

GRADSTEIN, S.R.; CHURCHILL, S. P.; SALAZAR-ALLEN, N. Guide to the Bryophytes of Tropical America. **Memoirs of the New York Botanical Garden**, v.86, p.1-577, 2001.

GRADSTEIN, S. R.; COSTA, D. P. Liverworts and Hornworts of Brazil. **Memoirs of The New York Botanical Garden** v.87: p.1-336, 2003.

GROTH-MALONEK, M.; HEINRICHS. J.; SCHNEIDER, H.; GRADSTEIN, S. R. Phylogenetic relationships in the Lejeuneaceae (Hepaticae) inferred using ITS sequences of nuclear ribosomal DNA. **Organisms, Diversity and Evolution**, v.4, p.51-57, 2004.

HEINRICHS, J.; GRADSTEIN, S. R.; WILSON, R.; SCHNEIDER, H. Towards a natural classification of liverworts (Marchantiophyta) based on the chloroplast gene rbcL. *Cryptog. Bryol.*, v. 26, p. 131-150, 2005.

OLIVEIRA, R. R.; OLIVEIRA, H.C.; PERALTA, D.E.; CONCEIÇÃO, G.M. Acrocarpic mosses (Bryophyta) of Chapada das Mesas National Park, Maranhão, Brazil. **Check List**, v.14, p.967-975, 2018

OLIVEIRA, R. R.; SÁ., N. A.; CONCEIÇÃO, G. M. Hepáticas (Marchantiophyta) do estado do Maranhão, Brasil. **Biota Amazônia**, Macapá, v. 8, n. 2, p. 19-23, jun. 2018.

SCHOFIELD, W.B. Introduction to Bryology. New York, **MacMilan Publishing**, 431p. 1985.

SIBBR. 2021. **Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira**. Disponível em: <https://www.sibbr.gov.br/> Acesso em: 10/01/2021.

Specieslink. 2021. **CRIA - Centro de Referência em Informação Ambiental**. Disponível em: slink.cria.org.br). Acesso: 10/01/2021.

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE,
ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

UNYAL, P. L. Role of Bryophytes in Conservation of Ecosystems and Biodiversity. **The Botanica** 49: 101-115. 1999.

CHECKLIST DE PALMEIRAS (ARECACEAE) PARA O LESTE DO MARANHÃO BRASIL

Ana Clara Ferreira Damaceno¹

Alexandre Fernando Rodrigues Rocha²

Gonçalo Mendes da Conceição³

INTRODUÇÃO

Arecaceae é a designação científica atribuída às palmeiras, também conhecidas como Palmae (SOUZA, 2019). Essa família pertence ao grupo das monocotiledôneas, estando incluídas entre as angiospermas mais antigas do planeta possuindo rico testemunho fóssil (SCARIOT *et al.* 2015). Representam a terceira família botânica mais importante para o ser humano (JOHNSON, 1998) com grande variabilidade na riqueza de espécies, na composição filogenética e nas formas de vida (EISERHARDT *et al.* 2011).

São reconhecidas cerca de 3.000 espécies de palmeiras no mundo (LORENZI *et al.* 2010; SOUZA, 2019) com distribuição principalmente tropical e subtropical (DRANSFIELD *et al.* 2008). No Brasil se encontram representadas por 385 espécies (137 endêmicas)

¹ Graduanda em Ciências Biológicas Licenciatura pela Universidade Estadual do Maranhão/UEMA, Centro de Estudos Superiores de Caxias/ CESC, e bolsista de iniciação científica da Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA).

² Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Ambiente e Saúde/PPGBAS, Universidade Estadual do Maranhão/UEMA, Centro de Estudos Superiores de Caxias/ CESC, Maranhão, Brasil.

³ Professor Dr. do Centro de Estudos Superiores de Caxias/CESC, da Universidade Estadual do Maranhão/UEMA, Maranhão/Brasil; Núcleo de Pesquisa dos Recursos Biológicos dos Cerrados Maranhenses/RBCEM, Laboratório de Biologia Vegetal/LABIVE, Caxias-MA, Brasil.

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE,
ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
agrupadas em 87 gêneros para o país (FLORA DO BRASIL, 2020).
Atualmente essa família se encontra distribuída em cinco
subfamílias: Arecoideae, Calamoideae, Ceroxyloideae, Coryphoideae
e Nypoideae (APG IV, 2016).

A maior parte das espécies encontradas no Brasil são nativas da Amazônia. Esse domínio fitogeográfico ocupa cerca de 49,29% do território brasileiro (IBGE, 2004), sendo situado predominantemente na Região Norte, considerado assim, o maior do Brasil.

No Nordeste encontram-se apenas três subfamílias de palmeiras (Calamoideae, Coryphoideae e Arecoideae), com cerca de 83 espécies e 8 híbridos (NOBLICK, 2019) que se adaptaram e vivem em vários tipos de vegetação, como o Cerrado e a Caatinga árida. No Estado do Maranhão, que se encontra situado em uma área de transição entre os Biomas Amazônia, Cerrado e Caatinga, ocorrem 33 espécies de palmeiras distribuídas em 15 gêneros (FLORA DO BRASIL 2020).

Algumas características importantes das espécies dessa família são: o tronco do tipo estipe, as folhas pecioladas, simples, alternadas ou raramente dísticas, palminérveas ou segmentos foliares. As flores são unissexuais, as masculinas surgem na zona apical, enquanto as flores femininas aparecem na zona basal, garantindo uma polinização cruzada, os frutos podem ser drupas ou bagas e contêm apenas uma semente (ALMEIDA, 2018).

Apresentam um grande potencial no Cerrado maranhense possuindo uma grande diversidade de espécies (MARTINS, 2000), ampla distribuição, abundância, produtividade e diversidade de usos, é de grande importância alimentar, medicinal, sociocultural e econômica, principalmente para populações locais (ZAMBRANA *et al.* 2007; SOARES *et al.* 2014).

Possuem um papel fundamental para que ocorra o equilíbrio do ecossistema, além de servir como fonte de alimentação para animais e ainda se destaca popularmente como hospedeira para muitas plantas epífitas (SOUZA, 2019). Distribuem-se particularmente nas zonas equatoriais, tropicais e subtropicais, apreciando climas quentes e úmidos (ALMEIDA, 2018).

Essa família contém um enorme valor econômico, destacando-se em diferentes recursos, utilizadas como ornamentais, principalmente pelo porte e folhagem, sendo muito utilizado em ruas, praças, estabelecimentos e residências, principalmente nas casas de praia e comunidades ribeirinhas (SOUZA, 2012). Apesar de todas suas utilidades, as espécies desta família ainda são pouco exploradas quando comparadas a outras famílias botânicas (SOUZA, 2019).

O conhecimento da biodiversidade de uma região e de suas características é de grande importância, estudos sobre a diversidade biológica têm sido bastante utilizados, tanto no avanço da conservação de espécies, como no desenvolvimento de mecanismos

para preservação desse patrimônio natural. Diante disso, pesquisas através de levantamento de dados em plataformas digitais são fundamentais, pois possuem informações essenciais para a realização de trabalhos científicos em diversas áreas do conhecimento.

Todas essas plataformas são importantes recursos para o acesso e obtenção de informações sobre muitos acervos e coleções biológicas, que apresentam até mesmo um valioso material de importância histórica. Vale ressaltar que a disponibilização de dados online viabiliza a redução de custos com envio de material para outros herbários, facilitando identificações, contribuindo também para a preservação das exsicatas, e ainda garantindo uma certa facilidade ao pesquisador para consultar e gerenciar as amostras.

Diante disso, por possuir uma grande riqueza, a lista de espécies verificada é de grande relevância, o trabalho teve como finalidade fornecer dados sobre a família Arecaceae, através de pesquisas e uso dos registros disponibilizados via herbários e plataformas online, contribuindo para o conhecimento das palmeiras que fazem parte da flora Maranhense.

METODOLOGIA

Na criação do banco de dados de Arecaceae para o leste Maranhense, foi utilizado informações das plataformas digitais Reflora (2020), Specieslink (Centro de Referência em Informação

Ambiental – CRIA, 2020), e GBIF – Global Biodiversity Information Facility (2020).

Inicialmente foram feitos os downloads dos registros presentes em ambas as plataformas para realizar as devidas correções e categorização de todos os dados obtidos com o auxílio de algumas ferramentas, como: *GeoLoc*, que proporcionou a descoberta de coordenadas através das localidades; *Info XY*, informando as localidades; *Conversor* utilizado para converter as coordenadas (CRIA, 2020); e também uma ferramenta do Google: o *My Maps*, utilizada para confirmação dos pontos.

Muitos registros foram atualizados por conterem informações antigas, alguns se encontravam atualmente com novas designações científicas, necessitando de mudanças, sendo essa uma das contribuições importantes do checklist: espécies com nomes atualizados. Para a obtenção de todas as informações desses dados, foram feitas extensas correções com intuito de incluir o maior número possível de registros na categoria de dados válidos.

Posteriormente estes registros foram divididos em duas classes sendo uma com os dados considerados válidos, e outra com os dados não válidos. O critério utilizado para validação do registro foi baseado naqueles que possuíam *Vouchers* (nome do coletor mais o número da coleta), o nome da espécie, determinador da espécie, local da coleta, município ou coordenadas e herbário de depósito.

Depois de categorizados, os dados da classe válida passaram por uma análise taxonômica, para a verificação e confiabilidade da identificação. Considerou-se confiáveis aqueles registros identificados por especialistas/taxonomistas da área, que apresentaram a mesma determinação em diferentes herbários. Qualquer registro que não atendia aos critérios citados foi considerado como um dado inválido.

Os dados válidos e corrigidos foram utilizados para montar o *Checklist* com as espécies de Arecaceae para o Maranhão, composto pelos gêneros, nomes, autores das espécies e informações sobre as coletas.

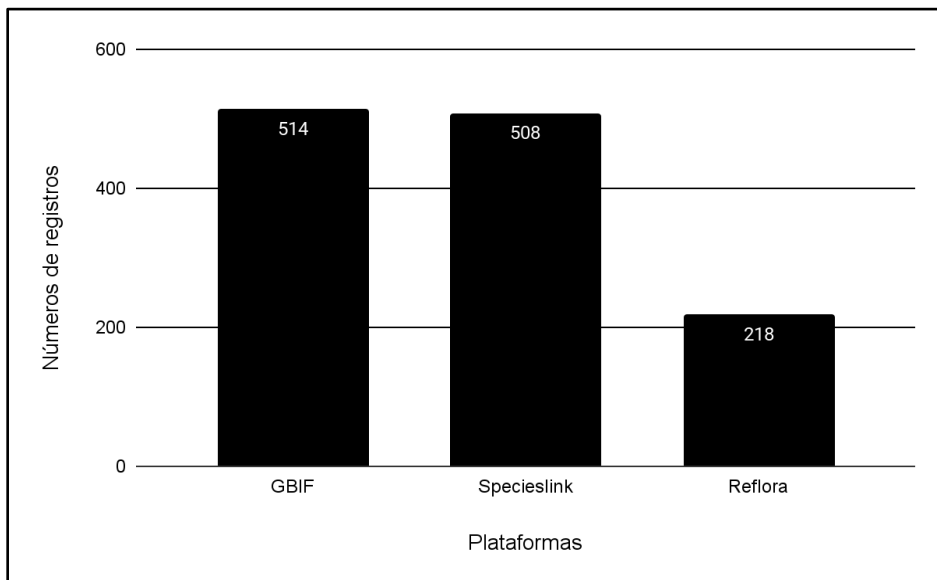
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos resultados obtidos através das plataformas online, Re flora, Specieslink e GBIF, verificou-se a existência de uma grande diversidade de dados da família Arecaceae para o Estado do Maranhão.

Nas plataformas foram totalizados 2060 registros para serem filtrados e excluídos aqueles que não pertenciam ao Maranhão. Após a filtragem desses dados, iniciou-se o processo de limpeza e correção, onde muitos registros foram retirados da lista, pois se encontravam com localizações incorretas, confirmadas a partir das coordenadas disponíveis. Dessa forma, após a separação dos dados somente para o estado, a plataforma Re flora apresentou um total de 218 registros,

Specieslink 508 e GBIF 514, totalizando 1240 registros para o Estado do Maranhão (Gráfico 1).

Figura 1: Número de registros de cada plataforma para o Estado do Maranhão.



Fonte: Elaborada pelos autores, 2021

O banco de dados GBIF apresentou o maior número de dados, porém com pouca diferença comparando a quantidade obtida no Specieslink e grande diferença com relação ao Reflora. De todos os registros obtidos em ambas as plataformas, foram totalizadas 41 espécies, distribuídas em 15 gêneros (Quadro 1).

Quadro 1: Checklist da família Arecaceae para o Maranhão

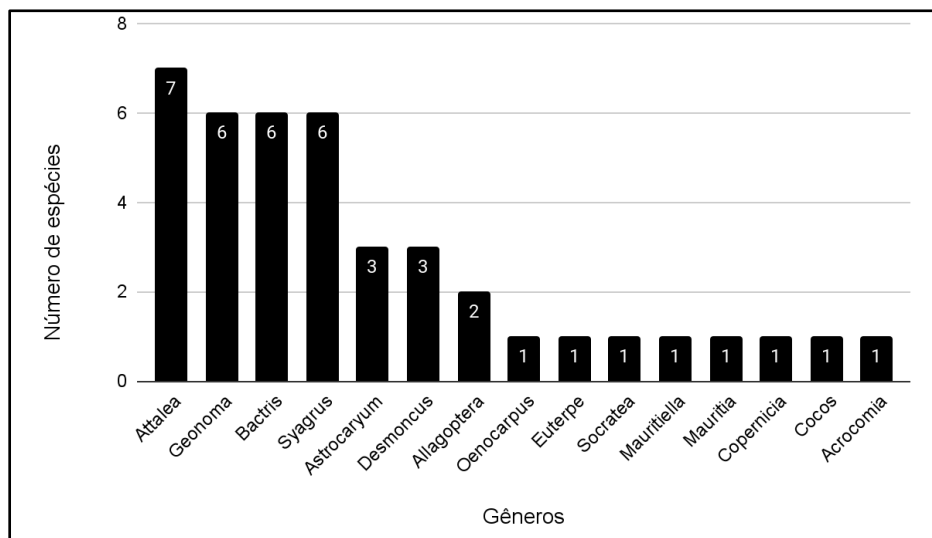
| ESPÉCIE | COLETOR |
|---|---|
| <i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart. | Balick, M. J. 1556 (CEN) |
| <i>Allagoptera campestris</i> (Mart.) Kuntze | Balick, M. J. 1314 (NY) |
| <i>Allagoptera leucocalyx</i> (Drude) Kuntze | Silva, G. P. 11367 (CEN) |
| <i>Astrocaryum campestre</i> Mart. | Simon, M. F. 2902 (CEN) |
| <i>Astrocaryum gynacanthum</i> Mart. | Balick, M. J. 1479 (CEN) |
| <i>Astrocaryum vulgare</i> Mart. | Silva, L. P. V. 42 (SLUI) |
| <i>Attalea teixeirana</i> (Bondar) Zona | Toledo, M. M. 4 (CEN) |
| <i>Attalea barreirensis</i> Glassman | Silva, G. P. 3432 (CEN) |
| <i>Attalea dahlgreniana</i> (Bondar) Wess.Boer | Pinheiro, C. U. B. 9 (CEN) |
| <i>Attalea eichleri</i> (Drude) A. J. Hend. | Cavallari, M. M. 39 (CEN) |
| <i>Attalea maripa</i> (Aubl.) Mart. | Noblick, L. R.; Feitosa, J. A. 4973 (CEN) |
| <i>Attalea phalerata</i> Mart. ex Spreng. | Sousa, C. A. IFN-4792802.1 (UB) |
| <i>Attalea speciosa</i> Mart. ex Spreng. | Brendha, C. 1 (MAR) |
| <i>Bactris acanthocarpa</i> Mart. | Balée, W. L. 3355 (NY) |
| <i>Bactris brongniartii</i> Mart. | Balick, M. J. 1525 (CEN) |
| <i>Bactris hirta</i> Mart. | Balée, W. L. 3499 (NY) |
| <i>Bactris major</i> Jacq. | Silva, K. F. IFN-4392482.1 (UB) |
| <i>Bactris simplicifrons</i> Mart. | Rosa, N. A. 2773 (NYBG) |
| <i>Bactris tomentosa</i> Mart. | Fróes, R. L. 34449 (IAN) |
| <i>Cocos nucifera</i> L. | Amorim, G. S. 248 (MAR) |
| <i>Copernicia prunifera</i> (Mill.) H.E.Moore | Rodrigues, C. B. 577 (IAN) |
| <i>Desmoncus horridus</i> Splitg. ex Mart. | Noblick, L. R.; Souza, I. G. 4969 (MAR) |
| <i>Desmoncus parvulus</i> L.H.Bailey | Balée, W. L. 2301 (MOBOT) |
| <i>Desmoncus polyacanthos</i> Mart. | Balée, W. L. 3500 (NYBG) |
| <i>Euterpe oleracea</i> Mart. | Fernandes, A. 1987 (SLUI) |
| <i>Geonoma baculifera</i> (Poit.) Kunth | Lima, G. P.; Ferreira, A. W. C.; Silva, M. J. C. 667 (MAR) |

| | |
|---|--|
| <i>Geonoma brevispatha</i> Barb.Rodr. | Ferreira, A. W. C. 2 (MAR) |
| <i>Geonoma leptospadix</i> Trail | Balée, W. L. 2964 (NY) |
| <i>Geonoma macrostachys</i> Mart. | Fróes, R. L. 34499 (IAN) |
| <i>Geonoma maxima</i> (Poit.) Kunth | Ferreira, A. W. C. 1 (MAR) |
| <i>Geonoma oldemanii</i> Granv. | Fróes, R. L. 34445 (IAN) |
| <i>Mauritia flexuosa</i> L.f. | Batista, E. S. 1 (MOSS) |
| <i>Mauritiella armata</i> (Mart.) Burret | Silva, G. P. 9689 (CEN) |
| <i>Oenocarpus distichus</i> Mart. | Balée, W. L. 2824 (NY) |
| <i>Socratea exorrhiza</i> (Mart.) H.Wendl. | Balée, W. L. 3541 (NY) |
| <i>Syagrus allagopteroides</i> Noblick & Lorenzi | Simon, M. F. 2824 (CEN) |
| <i>Syagrus cocoides</i> Mart. | Guedes, M. L.; Chagas, F.; Silveira, E. R. 23998 (ALCB) |
| <i>Syagrus comosa</i> (Mart.) Mart. | Silva, G. P. 10218 (CEN) |
| <i>Syagrus inajai</i> (Spruce) Becc. | Noblick, L. R. 4970 (IPA) |
| <i>Syagrus petraea</i> (Mart.) Becc. | Jangoux, J. I. 1772 (NYBG) |
| <i>Syagrus vermicularis</i> Noblick | Noblick, L. R.; Feitosa, J. A. 4971 (IPA) |

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021

O gênero mais representativo apresentado na lista foi *Attalea* Kunth com 7 espécies, seguido de *Geonoma* Willd. (6 spp.), *Bactris* Jacq. ex Scop. (6 spp.), *Syagrus* Mart. (6 spp.), *Astrocaryum* G.Mey (3 spp.), *Desmoncus* Mart. (3 spp.) e *Allagoptera* Nees (2 spp). Oito gêneros estão representados por apenas uma única espécie (*Acrocomia* Mart., *Cocos* L., *Copernicia* Mart. ex Endl., *Euterpe* Mart., *Mauritia* L.f., *Mauritiella* Burret, *Oenocarpus* Mart. e *Socratea* H.Karst.) (Gráfico 2).

Figura 2: Número de espécies por gênero



Fonte: Elaborada pelos autores, 2021

Attalea Kunth é considerado o gênero tropical mais importante de Arecaceae, ocorrendo desde o Caribe, do México à Bolívia, sul do Brasil e Paraguai. É um gênero complexo com 29 espécies, ainda incompletamente compreendido (HENDERSON *et al.* 1995).

Soares (2020) realizou um estudo sobre a caracterização e riqueza etnobotânica da família Arecaceae para o Sudeste Maranhense, e apresentou em seus resultados uma riqueza de espécies, onde o gênero *Attalea* Kunth também se mostrou representativo com o maior número de espécies, o que corrobora com os resultados apresentados nessa pesquisa.

Além do seu potencial paisagístico (LORENZI *et al.* 2004), algumas espécies do gênero *Attalea* Kunth apresentam grande importância econômica, como, por exemplo, o babaçu (*A. speciosa*), com extração de óleo vegetal que é utilizado para múltiplas aplicações, apresentando potencial energético em âmbito regional (FERREIRA, 2005). A fibra da piaçava (*A. funifera*) também é muito utilizada em todo Brasil, especialmente na região nordeste, na confecção de cestos, tapetes e vassouras, além disso, seu palmito também é bastante valorizado (LORENZI *et al.* 2004).

Silva *et al.* (2012) demonstrou em seus trabalhos na Apa do Igarapé São Francisco -Acre, que os gêneros *Geonoma* Willd. e *Bactris* Jacq. ex Scop. foram os mais diversificados, representando cerca de 43% das espécies amazônicas, o que confirma o destaque que esses gêneros possuem nos registros maranhenses, uma vez que possuem ampla distribuição e grande importância econômica.

O gênero *Bactris* Jacq. ex Scop. é o segundo maior gênero brasileiro de palmeiras, a maioria das espécies é de pequeno a médio porte, ocorrendo no sub-bosque de florestas primárias e secundárias, em campos naturais, matas de galeria e áreas antropizadas. (FLORA DO BRASIL, 2020). *Geonoma* Willd. é um gênero neotropical que tem como um dos centros de diversidade a bacia amazônica (SOUZA, 2017) é representado por palmeiras que ocupam o sub-bosque das florestas, principalmente a floresta tropical úmida (HENDERSON, 2011).

A lista de espécies verificada é de grande relevância, proporcionando conhecimentos sobre a flora do Estado, podendo contribuir para a preservação de muitas espécies e auxiliar futuros trabalhos relacionados a essa família.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos dados obtidos observou-se uma grande quantidade de registros relacionados à família Arecaceae para o Estado do Maranhão, totalizando 1240 registros. Por se tratar de uma área composta pelos Biomas Amazônia, Cerrado e Caatinga, proporciona uma grande relevância em questão de diversidade de espécies. Com os registros obtidos em ambas as plataformas, foram totalizadas 41 espécies, distribuídas em 15 gêneros, onde o mais representativo foi *Attalea* Kunth com 7 espécies.

Por possuir uma grande riqueza de dados a lista de espécies verificada é de grande relevância, contribuindo para o conhecimento das palmeiras que fazem parte da flora Maranhense. Esse conhecimento se faz necessário, podendo ajudar na preservação das espécies e contribuir para diversos trabalhos futuros que envolvam essa família botânica, uma vez que possui grande importância não só para o estado do Maranhão, mas também para outras regiões do país.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, S. **Arecaceae, Família**. Knoow.net, 2018. Disponível em: <<http://knoow.net/ciencterravida/biologia/arecaceae-familia/>>.

Acesso em: 14/10/2020.

CRIA. **Specieslink**. Centro de Referência em Informação Ambiental. 2020. Disponível em: <http://www.cria.org.br/>. Acesso em: 29/08/2021.

DRANSFIELD, J.; UHL, N. W.; ASMUSSEN, C. B.; BAKER, W. J.; HARLEY, M. M.; LEWIS, C. E. **Genera Palmarum: the evolution and classification of palms**. Kew Publishing, Royal Botanical Garden, Londres. 744 p. 2008.

EISERHARDT, W. L.; SVENNING, J. C.; KISSLING, D.; BALSEV, H. **Geographical ecology of the palms (Arecaceae): determinants of diversity and distributions across spatial scales**. *Annals of Botany*, v. 108, n. 8, 2011.

FERREIRA, A. J. A. O babaçu enquanto alternativa energética no Maranhão: possibilidades. **Ciências Humanas em Revista**. São Luís, v. 3, n.2, 2005. Acesso em: 29/08/2021.

FLORA DO BRASIL 2020. **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br>. Acesso em: 29/08/2021.

GBIF. **Global Biodiversity Information Facility**. 2020. Disponível em: <https://www.gbif.org/pt/>. Acesso em 29/08/2021.

HENDERSON, A. A revision of *Geonoma* (Arecaceae). Magnolia Press, Auckland, New Zealand. **Phytotaxa** 17: 1–271, 2011. Disponível em:

<http://www.mapress.com/phytotaxa/content/2011/f/pt00017p271.pdf>
f. Acesso em: 19/01/2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de Biomas e de Vegetação**. 2004. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004bioma.shtml.shtm>. Acesso em: 19/01/2021.

JOHNSON, D.V. **Non-wood forest products 10:tropical palms**. [S.l.]. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 1998. Disponível em <<http://www.fao.org/docrep/x0451e/x0451e00.HTM>>. Acesso em: 14/06/2021.

LORENZI, H., NOBLICK, L., KHAN, F. & FERREIRA, E. **Flora brasileira Lorenzi: Arecaceae (palmeiras)**. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora. 368 p. 2010. Acesso em: 04/02/2021.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; MEDEIROS-COSTA, J. T.; CERQUEIRA, L. S. C.; FERREIRA, E. **Palmeiras Brasileiras e Exóticas Cultivadas**. São Paulo, Editora Plantarum Ltda, 432p. 2004. Acesso em: 30/08/2021.

MARTINS, R. C. **Arecaceae (Palmae) no Distrito Federal, Brasil**. Dissertação de mestrado, Universidade de Brasília, Departamento de botânica, Brasília, DF. 107p. 2000. Acesso em: 17/08/2021.

NOBLICK, L. R. **Guia para as palmeiras do Nordeste do Brasil**. Feira de Santana. UEFS Editora. 2019. Disponível em: https://www.botanica.org.br/wp-content/uploads/Guia-para-as-Palmeiras-do-Nordeste-do_Brasil_LNoblick_CECarneiro. Acesso em: 19/02/2021.

SCARIOT, A. O.; LOPES R.; OLIVEIRA, M. S. P.; CAVALLARI, M. M.; BARBIERI, R. L.; CONCEIÇÃO, L. D. H. C. S. **Palmeiras brasileiras: botânica, ecologia, usos e conservação**. In: (Ed.). **Palmeiras Nativas do Brasil**. Brasília: Embrapa, 2015. Acesso em: 14/02/2021.

SILVA, G. M. da; FERREIRA, E. J. L.; PINHEIRO, R. de M.; FERNANDES, R. B.; BARBOSA, C. de S.; BANDEIRA, J. de R. **Aspectos florísticos e fitossociológicos de Palmeiras (Arecaceae) em florestas com e sem bambu (Guadua spp.) na APA do Igarapé São Francisco, Acre. I Congresso de Iniciação Científica PIBIC/CNPq - PAIC/FAPEAM.** Manaus, 2012. Disponível em:
https://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/1/2823/1/pibic_inpa.pdf.
Acesso em: 14/02/2021.

SOARES, K.P.; LONGHI, S.J.; NETO, L.W.; ASSIS, L.C. Palmeiras (Arecaceae) no Rio Grande do Sul, Brasil. **Rodriguésia**, v.65, n.1, p.113-139, 2014. Acesso em: 14/02/2021.

SOARES, Z. T.; DIAS, I. P. R. C.; ARAUJO, J. S. da. Caracterização e riqueza etnobotânica da família Arecaceae para o Sudeste Maranhense. **Brazilian Journal of Development**. Curitiba, v.6, n. 9, p. 67274-67289, 2020. Disponível em:
<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/16443/13440>. Acesso em: 23/05/2021.

SOUZA, F. G.; LIMA, R. A. **A importância da família Arecaceae para a região Norte.** **EDUCamazônia**. Ano 12, Vol XXIII, Número 2, p. 100-110, 2019. Disponível em:
<https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/educamazonia/article/view/6714/4712>. Acesso em: 14/02/2021. Acesso em: 17/05/2021.

SOUZA, M. C.; FILHO, J. D.; FERREIRA, J. G.; MENDONÇA, K. C.; OLIVEIRA, R. B. O gênero *Geonoma* Willd. na região do Alto do Juruá, extremo ocidental do Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.14, n.25, p. 960, 2017. Acesso em: 30/08/2021.

SOUZA, V. C. **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III / Vinicius castro Souza, Harri**

Lorenzi. 3.ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2012. Acesso em: 17/05/2021.

The Angiosperm Phylogeny Group. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, 181, 1-20, 2016.

ZAMBRANA, N. Y. P.; BYG, A.; SVENNING, C. C.; MORAES, M.; GRANDEZ, C.; BALSLEY, H. **Diversity of palm uses in the western Amazon. Biodiversity and Conservation**. v. 16, p. 2771-2787, 2007. Acesso em: 19/04/2021.

DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO MÓVEL PARA O ENSINO-APRENDIZAGEM DE HISTOLOGIA

Itallo Cristian da Silva de Oliveira¹

Natália Jovita Pereira²

Luiz Ivan Dutra da Cruz³

Ingrid Caroline Moreira Lima⁴

Gabriel Silva Dias⁵

Débora Martins Silva Santos⁶

INTRODUÇÃO

A propagação das Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC) tem possibilitado transformações nos setores sociais, econômicos e no contexto educacional da sociedade (LEGNER *et al.*, 2017). Cada vez mais tem sido intensificada a necessidade de novas práticas tecnológicas no processo de ensino-aprendizagem (ALFINO; SANTOS, 2017; CHIPINDO *et al.*, 2018; KENSKI, 2012). As estratégias voltadas para a utilização dessas práticas tecnológicas e digitais para o ensino das ciências visam promover um processo formativo eficiente, capaz de levar conhecimento e oportunidade de aprendizagem para bilhões de alunos por meio dos recursos midiáticos oferecidos pela internet,

¹ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade (PPGECB/UEMA).

² Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Recursos Aquáticos e Pesca (PPGRAP/UEMA).

³ Graduando do curso de Ciências Biológicas da UEMA.

⁴ Graduando do curso de Ciências Biológicas da UEMA.

⁵ Graduando do curso de Agronomia da UEMA.

⁶ Professora Adjunto IV Departamento de Biologia, CECEN/UEMA.

aplicativos móveis, plataformas *on-line* e outros (DOS SANTOS JÚNIOR; DA SILVA MONTEIRO, 2020).

Dentre as ciências, a Histologia pode ser definida como o estudo dos tecidos animais e humanos e de como eles se organizam para constituírem os órgãos (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2018). O estudo da mesma necessita da utilização de microscópios para análise visual e espera-se que o estudante possa compreender a estrutura e função dos tecidos e órgãos, por meio de sua visualização (GARTNER; HIATT, 2012; BORGES, 2019).

Assim, a utilização de meios tecnológicos como aplicativos *mobile learning*, passa a ser uma ferramenta pedagógica importante do ponto de vista didático. O *mobile learning* é uma inovação que explora o ensino por meio do uso de diferentes tipos de mídia nos dispositivos móveis, possibilitando fornecer conteúdos através do uso de facilidades computacionais e outras ferramentas (BORGES, 2019).

Silveira (2017) discute que essas tecnologias são metodologias facilitadoras para o ensino, principalmente de conteúdos de Histologia, que podem funcionar como incentivo para a compreensão de conteúdos tidos como mais complexos, abstratos e monótonos. Além de serem instrumentos fundamentais para o acesso a imagens histológicas em tempos de ensino remoto.

Diante da crise sem precedentes na história mundial recente, que nos impôs a um isolamento social para minimizar a propagação

do causador da COVID-19, precisamos nos manter isolados em um mundo conectado e isso exigiu que fôssemos mais do que meros espectadores (ASSAD; FUJIHARA, 2019). Em uma pandemia que parou o mundo por completo, em que as escolas também foram afetadas, precisou-se buscar soluções para prosseguir o ensino. Com isso, intensificou-se o uso de metodologias *mobile learning* para facilitar o aprendizado.

Anteposto ao momento pandêmico da COVID-19, as dificuldades quanto a realização de práticas laboratoriais já era comum. Dentre essas, a visualização em aulas expositivas, o acesso aos microscópios e lâminas histológicas com qualidade, como também a limitação de alunos em laboratórios, em que é necessário agendamento prévio para acesso e acompanhamento de monitor ou professor da instituição.

Nesse contexto, portanto, para uma boa utilização de aplicativos móveis no processo de ensino-aprendizagem de histologia, alguns pontos poderiam ser melhorados, especialmente os relacionados a uma boa resolução de imagens que permitiria ao aluno a busca de informações mais consistentes, a aproximação ou ampliação da imagem possibilitando a visualização de detalhes dos tecidos e células e acesso a um texto mais objetivo, claro e de fácil entendimento ao usuário. Sendo assim, observa-se a atual necessidade da disponibilização de aplicativos mais simples e objetivos para o estudo da Histologia, com manuseio menos

complexo e que supra as limitações relatadas por usuários de outros aplicativos na área (AnatLab Histology, Histologia Vitais, Medicos Histology: Anatomy histology, Atlas de histologia, human Histology, Histologia prática, Tecidos Corporais) de outras plataformas de acesso, em comparação com o aplicativo proposto.

Dessa maneira, objetivou construir um aplicativo que permite aos estudantes brasileiros o estudo da Histologia, principalmente dos Cursos das áreas da Saúde, Biológicas e Agrárias, como os cursos de Ciências Biológicas, Zootecnia e Medicina Veterinária da UEMA, a partir de análise da estrutura, organização e didática de aplicativos já existentes para conteúdo de Histologia, a fim de incorporar estratégias positivas e funcionais a uma nova proposta de aplicativo virtual para o estudo de histologia. Um aplicativo móvel brasileiro sobre Histologia facilitará a compreensão de conteúdos teóricos da disciplina, proporcionará a dinamização ao processo de ensino-aprendizagem. O aplicativo por sua vez, irá permitir a superação às limitações de tempo e espaço proporcionando maior flexibilidade e comodidade aos estudantes e aumentará o interesse e a motivação deles com relação aos conteúdos de Histologia.

METODOLOGIA

O desenvolvimento do aplicativo móvel sobre Histologia como alternativa à complementação e facilitação no processo ensino-aprendizagem trata-se de uma pesquisa de produção tecnológica,

caracterizada por abordar o processo de desenvolvimento e criação de um novo produto educacional tecnológico assistivo (LIMA, 2017).

O aplicativo disponibiliza conteúdos didáticos sobre Histologia através da utilização de imagens de microscopia de alta qualidade e descrição de estruturas, aspectos e características particulares de tecidos histológicos de animais, em forma de atlas histológico digital. Para isso, foram desenvolvidas algumas etapas como a revisão bibliográfica nas plataformas Google Acadêmico® (<http://scholar.google.com.br/>), ScienceDirect (<https://www.sciencedirect.com/>), Scopus (<https://id.elsevier.com/>), levantamento de aplicativos móveis semelhantes e a construção de banco de fotomicrografias histológicas, para futura criação e formatação do aplicativo e indexação do aplicativo.

Levantamento de aplicativos móveis semelhantes

Para a realização da avaliação dos Apps, foram selecionados os aplicativos para dispositivos móveis *Android* e *iOS* que enfocam especificamente o estudo de Histologia, disponíveis nas plataformas *Google Play* e *Apple Store*. Na análise foram avaliados se os aplicativos móveis são gratuitos ou não, quais são as respectivas classificações, os tecidos e estruturas histológicas estudadas, a qualidade das fotomicrografias disponibilizadas, o modo ofertado para estudo (teoria e/ou exercícios) e os dispositivos para os quais os aplicativos

são disponibilizados. Essa análise de aplicativos semelhantes foi utilizada para obter ideias de organização de texto e imagens de forma didática a fim de incorporar estratégias positivas e funcionais no novo aplicativo móvel proposto para o ensino de Histologia.

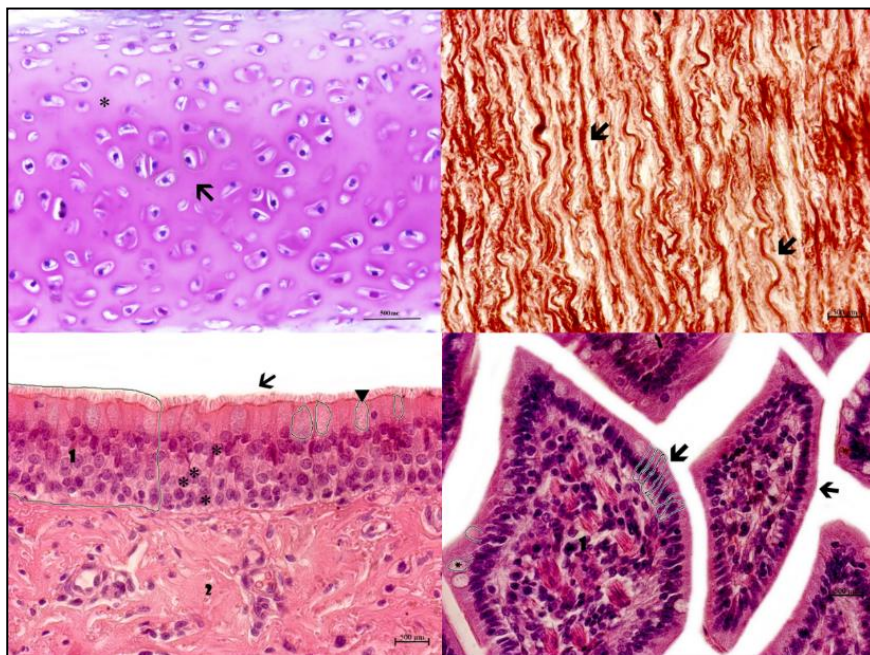
Construção do banco de fotomicrografias histológicas

Todas as imagens utilizadas no aplicativo foram geradas a partir de lâminas histológicas dos acervos dos Centros “Ciências de Educação, Ciências Exatas e Naturais” e “Ciências Agrárias” do campus Paulo VI Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), que são utilizadas pelos estudantes nas aulas práticas de histologia dos diferentes cursos.

As lâminas histológicas foram selecionadas com melhor qualidade visual sob microscopia óptica e com estruturas teciduais desejadas dos tecidos básicos animais: epitelial, conjuntivo, muscular e nervoso.

Depois foram fotomicrografadas (Figura 1) com auxílio de câmera digital instalada fotomicroscópio óptico, utilizou-se o programa Leica Application Suite (LAS EZ) versão 3.3.0 (Copyright© 2016). Para as capturas das imagens das estruturas histológicas foi utilizado as lentes objetivas de 4x, 10x e 40x.

**Figura 1 - Fotomicrografias de lâminas histológicas para
inserção no aplicativo *HistoLabApp*.**



Fonte: Do próprio autor, 2021

Após as fotomicrografias das lâminas histológicas foi realizado o destaque de estruturas, aspectos e características particulares visíveis nas imagens com o auxílio do Gnu Image Manipulation Program - GIMP - 2.10.10, para facilitar a observação dessas estruturas, aspectos e características pelos usuários do aplicativo, como também a elaboração dos textos descritivos a respeito das estruturas a fim de serem exibidos conjuntamente às imagens no aplicativo.

Plataforma de Criação e formatação do “*HistoLabApp*”

O aplicativo foi construído por meio de Geo-Scripting. Como escolha de plataforma de sistema operacional de smartphones será incluída o Android, com linguagens JavaScript, framework VUE.JS, o App com tecnologia PWA.

A formatação e o layout do aplicativo foram desenvolvidos para comodidade e facilidade de uso dos estudantes e professores. Contendo um *menu* mais atrativo, informação da equipe organizadora e uma divisão dos tecidos.

Indexação do *HistoLabApp* na Loja

O aplicativo, depois de finalizado, foi indexado à loja de aplicativos *Google Play*, sem custo para download, disponível para aparelhos *Android*.

Apresentação e teste do *HistoLabApp*

O *HistoLabApp* foi apresentado para os alunos em forma de apresentação de *slides* via *Microsoft PowerPoint*® nas turmas de Histologia e Embriologia e Histologia do Curso de Ciências Biológicas da UEMA, em que os alunos expuseram críticas, sugestões e perguntas acerca do aplicativo.

Questionário de avaliação do *HistoLabApp*

Após o teste, o aplicativo foi aprimorado e em seguida disponibilizado na plataforma *Google Play* na qual foi avaliado por meio de um questionário semiestruturado de forma *on-line* por alunos e professores de Graduação, Mestrado, Doutorado e Técnico das áreas da Saúde, Ensino e Ciências da UEMA e de outras instituições de Ensino. O questionário aplicado foi construído por meio da plataforma *Google forms*, contendo perguntas sobre a utilização, funcionalidade, layout do aplicativo, resolução das fotomicrografias, além da estrutura do texto. O questionário ficou disponível na plataforma durante uma semana, totalizando a participação de 130 pessoas (discentes e docentes da UEMA e de outras Instituições de Ensino). Ao final do questionário, havia ainda uma caixa de sugestões para que os avaliadores colocassem outras considerações relevantes quanto ao aplicativo.

Divulgação do Aplicativo

Inicialmente, o público-alvo foi estudantes das áreas de biológicas e agrárias do Campus Paulo VI da UEMA que cursavam a disciplina de Histologia e Embriologia durante o semestre letivo de elaboração e lançamento do *HistoLabApp*. Divulgou-se o aplicativo durante uma semana nas páginas oficiais da UEMA (<https://www.uema.br>), como em suas redes sociais do *Instagram* (@Uemaoficial), uma vez que o *Instagram*, de maneira geral, é

considerado uma importante ferramenta atual de informação (SANTOS; GARCIA; FONSECA, 2018).

Além de rede social *Instagram* da UEMA, a divulgação foi realizada também nas redes de grupos de pesquisa, programas de Pós-Graduação vinculados a essa Instituição e redes pessoais, como do grupo “Biologia e Ambiente Aquático (@bioaquauema), UEMANET, assim como nos meios de comunicação oficiais dos cursos via *WhatsApp* para abranger estudantes das áreas de biológicas e agrárias de outros campus da UEMA e de outras universidades brasileiras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliação de outros aplicativos disponíveis

As análises dos aplicativos disponíveis em plataformas virtuais incluindo o *HistoLabApp* (Tabela 1) mostraram que já se pode encontrar no mercado softwares que possuem uma proposta semelhante ao do app desenvolvido, como o *AnatLab Histology*, desenvolvido pela Eolas Technologies Inc., e o *Histology: USMLE Q&A Review*, desenvolvido pela Higher Learning Technologies Inc. Esses aplicativos são exemplos interessantes que apresentaram a mesma linha de ideias do projeto do *HistoLabApp*. Podemos destacar a diferença nos tamanhos dos aplicativos, enquanto alguns apresentaram tamanhos acima de 40 MB, o *HistoLabApp* apresentou

apenas 0,97 MB, facilitando o manuseio do aplicativo, por ser bem mais leve e ainda facilitar o download nos aparelhos.

Após as observações, percebeu-se que todos os aplicativos apresentaram classificação livre (Tabela 1) e não precisam realizar cadastros para ter acesso, com exceção do aplicativo *Atlas de Histologia* da *App Rumo*. Ainda, pode-se destacar dentre as avaliações feitas nos aplicativos, o *HistoLabApp* é um dos que possui melhor avaliação 4,9, seguido do *Histologia Vitais* e *Medicos Histology* com 4,8 e outros chegaram a 2,6 por serem aplicativos pesados e de difícil manuseio.

Tabela 1- Análise de aplicativos móveis disponibilizados no Google Store.

| App | Acesso | Explicação das lâminas | Inform. claras | Tamanho | Avaliação (0 a 5) | Idioma | Pontos positivos | Pontos negativos |
|-------------------|--------|------------------------|----------------|---------|-------------------|-----------|---|--|
| AnatLab Histology | Livre | Não | Sim | 2,8 MB | 3,9 | Inglês | - Fotomicrografias em altas resoluções; - Permite o aumento das fotomicrografias; | -Não fornece descrições dos tecidos; - Não possui um layout atrativo; |
| Histologia vitais | Livre | Não | Sim | 19 MB | 4,8 | Português | - Dinâmico (jogos) - Layout atrativo; | -Figuras não muito claras; - |

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE,
ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

| | | | | | | | | |
|---|-----------------|-----|-----|--------|---------------|--------|---|--|
| | | | | | | | - Objetivo; | Ausência de explicações; - Ausência de organização; -Falhas técnicas; |
| Médicos Histology: anatomy histology | Livre / privado | Sim | Sim | 47 MB | 4,1 | Inglês | - Possui divisão de tecidos principais; - Esquemas e desenhos para consulta; - Informações descritivas; | - Fotomicrografias de baixa qualidade; - Não exploradas imagens; |
| Atlas de histologia | Cadastral | Sim | Sim | 5,2 MB | 2,6 | Inglês | ----- --- | - Falhas técnicas na execução. |
| Human Histology | Livre | Não | Não | 40 MB | Sem avaliação | Inglês | - Fotomicrografias elaboradas, esquemas nítidos e | -Não apresenta uma divisão clara; -Textos longos e confusos. |

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE,
ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

| | | | | | | | objetivos. | |
|--------------------|-------|-----|-----|-------|-----|-----------|--|--|
| Histologia prática | Livre | Não | Não | 30 MB | 1,3 | Português | ----- --- | - Não apresenta uma boa divisão do conteúdo; - Conteúdo pouco explicativo; -Baixa qualidade nas fotografias. |
| Tecidos Corporais | Livre | Não | Sim | 10 MB | 4,5 | Português | - Dinamismo que pode contribuir com o estudo dos alunos; - Esquemas, desenhos que está em conexão ao texto; - Nomenclatura | - Textos pouco explicativos e objetivos; - Literaturas não recomendáveis; |

| | | | | | | | | |
|--------------------|---------------|------------|------------|----------------|------------|------------------|---|---|
| | | | | | | | latura de termos celulares. | |
| Histologia | Livre/Premium | Não | Não | 11,51 MB | Não Possui | 27 idiomas | - Histologia Completa (Animal e Vegetal) ; - Disponibiliza um livro didático como suporte; - Disponibiliza quis para revisar o conteúdo; - Disponibiliza videoaulas. | -Layout dificultam pouco o manuseio; - Apresentou erro na execução para o acesso as videoaulas |
| HistoLabApp | Livre | Sim | Sim | 0,97 MB | 4,9 | Português | - Aplicativo apresenta uma divisão lógica, com literatur | ----- ----- |

| | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | | <p>as científicas;</p> <ul style="list-style-type: none">- Conteúdo completo, claros e objetivos;- Fotomicrografias legendadas explicativas e sinalizadas;- Fotomicrografias de alta qualidade com ampliação os tecidos;- Além de descrever no texto e nas legendas das figuras, o aplicativo ainda disponibiliza |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

| | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|---|--|
| | | | | | | | estrutur as que são mostrad as; | |
|--|--|--|--|--|--|--|---|--|

Fonte: Do próprio autor, 2021

O aplicativo *AnatLab Histology* tem mais de 80.000 de *downloads* no mundo, é uma espécie de ferramenta de atlas virtual que possui fotografias de tecidos histológicos em alta resolução, dá ao usuário a possibilidade de aumentar o zoom da imagem, entretanto uma das reclamações mais feitas pelos usuários é a questão de não haver uma boa explicação das lâminas (EOLAS, inc., 2019). O aplicativo tinha 3,7 de avaliação no *Play Store*. Além de não fornecer demais funcionalidades a seus usuários, restringindo-se somente à disponibilização de imagens histológicas para análise; não apontar as estruturas e regiões de interesse; não fornecer descrições das imagens conforme detalhes, além disso, o aplicativo encontra-se em língua inglesa e não fornece alternativas para os usuários que não possuem o domínio desse idioma, o que pode ser uma barreira para os estudantes brasileiros.

Já o aplicativo *Histologia Vitais* é um aplicativo dinâmico, que utiliza o jogo para tentar promover o ensino do conteúdo de histologia (ARAUJO, 2019). É um jogo de fácil acesso, possui objetivo simples e claro. Hoje tem mais de 5.000 mil *downloads* e é um dos aplicativos de histologia mais bem avaliados das lojas virtuais, tendo

4,8 de avaliação. O jogo tem objetivo de testar o nível de conhecimento dos usuários. Entretanto, diferente do *HistoLabApp*, não apresenta divisão dos tecidos, na qual deixa confuso a funcionalidade do mesmo, esse ponto foi criticado por usuários desse software em sua avaliação.

O aplicativo *Medicos Histology: anatomy histology* é promovido por um grupo de médicos que ensinam em instituições brasileiras. Ele é um software bastante elogiado nas avaliações tendo 4,1 estrelas e mais de 10 mil *downloads*. Apresenta uma boa distribuição de conteúdo, estratégia clara de divisão e logística dos tecidos, pois existe uma boa explicação, esquemas, desenhos, além de apresentar a forma que acontece metodologias de confecção das lâminas, métodos de coloração e outros. Mas as imagens do aplicativo diferente do *HistoLabApp* deixam um pouco a desejar, pois não tem resolução, não tem uma logística quando são colocadas, apresenta uma desconexão entre o texto e as imagens. Observando isso, para o nosso App pensou-se na construção dos textos a partir das imagens, seguindo as descrições e estruturas da mesma. Cabe ressaltar que o *Médicos Histology* está disponível apenas na versão inglês.

De todos os aplicativos o *Atlas de histologia* foi o que a apresentou maiores falhas técnicas, *login* não é fácil, a estrutura não é tão boa quanto os demais aplicativos analisados (APPRUMO, inc., 2016). Ele tem uma ótima organização do tema, entretanto, na

execução o *app* perde um pouco. Por mais que tenha mais de 10 mil *downloads*, a avaliação chega a 2,6 estrelas, sendo um dos aplicativos analisados que possui uma das menores avaliações. As legendas apresentadas junto às fotomicrografias são bem ricas e objetivas (tecido que apresenta, localização e a função).

Por fim, o *HistoLabApp* desenvolvido e planejado a partir de todas essas avaliações e dessas limitações procurou oferecer o máximo de conforto e objetividade aos usuários, dessa forma, pensou-se em detalhes como imagens elaboradas com textos curtos e claros. O aplicativo teve mais de 350 *downloads* nas primeiras semanas de lançamento e críticas positivas mostrando o bom desempenho do aplicativo quanto a sua funcionalidade nos aparelhos dos usuários, não houve relatos de falhas técnicas ou de qualquer dificuldade na utilização do mesmo.

A seleção das imagens histológicas do *HistoLabApp*

Para cada tecido selecionado durante a organização foram realizadas diversas fotomicrografias dos tecidos mais vistos na disciplina de Histologia em aumentos diferentes (100x e 400x). Foram capturadas imagens dos respectivos tecidos: epitelial, conjuntivo (adiposo, cartilaginoso, ósseo), muscular e nervoso (órgãos) (Quadro 1).

Quadro 2- Organização e classificação dos tecidos selecionados para a montagem do aplicativo *HistoLabApp*.

| TIPOS DE TECIDOS | | | |
|---|---|--|---|
| Epitelial | Conjuntivo | Nervoso | Muscular |
| <ul style="list-style-type: none"> • Simples cúbico • Simples prismático • Simples pavimentoso • Pseudoestratificado • Estratificado cúbico • Estratificado pavimentoso não queratinizado • Estratificado pavimentoso queratinizado • Epitélio de transição | <ul style="list-style-type: none"> • Frouxo • Denso modelado • Denso não modelado • Elástico • Reticular • Mucoso • Adiposo (unilocular e multilocular) • Cartilaginoso (hialina, elástica e fibrocartilagem) • Ósseo (compacto e esponjoso) | <ul style="list-style-type: none"> • Cerebelo • Cérebro • Medula • Fibras nervosas | <ul style="list-style-type: none"> • Estriado esquelético • Estriado Cardíaco • Liso |

Fonte: Do próprio autor, 2021

Após a seleção e organização das imagens realizou-se o destaque de estruturas e características particulares visíveis de cada tecido nas imagens. Visando facilitar a observação dessas estruturas e características pelos usuários (Figura 2). Além disso, textos descritivos a respeito dessas estruturas foram elaborados, como base na produção de Junqueira e Carneiro, (2018), a fim de serem exibidos conjuntamente às imagens no aplicativo.

Figura 2 – Imagem do Tecido Epitelial de Transição utilizado no Aplicativo *HistoLabApp* com destaques das estruturas celulares características.

Epitélio de Transição

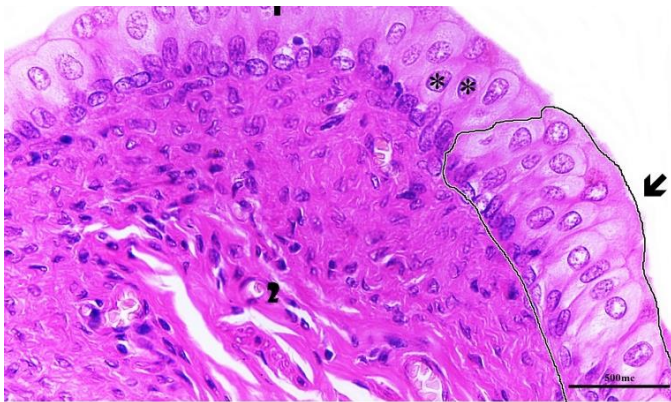
Bexiga vazia 40.X (HE)

↙ Células em várias camadas: camadas mais superficiais com células esféricas quando a bexiga está vazia e células achatadas quando a bexiga está cheia

* Núcleos celulares esféricos

1 Tecido Epitelial de transição

2 Tecido Conjuntivo



Fonte: Do próprio autor, 2021

Ao todo foram geradas 146 imagens, que passaram por uma seleção em que só foram consideradas 8 de tecido epitelial, 13 de tecido conjuntivo, 4 de tecido muscular e 5 de tecido nervoso. Vale ressaltar que o número de imagens geradas para cada tipo de tecido não foi o mesmo em função da quantidade e da qualidade das lâminas que haviam disponíveis no acervo.

Organização do *HistoLabApp*

A partir da seleção das lâminas foi constituído a logística e a construção gráfica do aplicativo, no sentido de que atendesse à estrutura de abertura, com o menu interativo que gerasse mobilidade aos usuários com as divisões dos tecidos principais e os adjacentes. Ao clicar no ícone do aplicativo que está na tela do celular, abre-se a interface geral do aplicativo composta por um texto introdutório com a apresentação do aplicativo e quem são os construtores e ainda um texto sobre “*o que é histologia*”, com os quatro tecidos principais (epitelial, conjuntivo, muscular e nervoso). Ao realizar a escolha do tecido, teremos a apresentação das subdivisões dos tecidos (como: *simples, estratificado e pseudoestratificado ou cúbica, pavimentosa, prismática*). Em seguida, irá abrir-se outra aba onde terão textos explicativos sobre as características dos tecidos, as funções e os principais órgãos onde podem ser encontrados os tecidos. Ao final, as fotomicrografias dos tecidos, em objetivas de 10x, 40X e 100X, conterão uma breve explicação e a identificação das estruturas dos tecidos.

O aplicativo foi pensando para ser disponibilizado para o download gratuito em plataformas virtuais, compatíveis com os aparelhos eletrônicos tipo *Android* dos usuários. Essa escolha se dá pela realidade dos estudantes brasileiros que utilizam mais esse sistema operacional em celulares e *tablets*, o que irá propiciar um aplicativo mais acessível a um número de pessoas.

Para não dificultar a compreensão, foi selecionado imagens nítidas em alta resolução (com delimitações nas estruturas que facilitassem a identificação das mesmas) e textos resumidos para que os alunos/ usuários possam sentir conforto ao acessar o App com máximo de dinamismo no aplicativo. Além disso, foi criada uma *logo* para atrair os downloads do *HistoLabApp* (Figura 3). Para o desenvolvimento deste aplicativo pensou-se em uma forma atrativa e usabilidade, com escolha das fontes para facilitar a leitura, cores que lembram os corantes utilizados para corar lâminas histológicas (Hematoxilina e Eosina) (Figura 4).

Figura 3- Logo do aplicativo “*HistoLabApp*” - Laboratório Móvel de Histologia.



Fonte: Do próprio autor, 2021

Figura 4 - Visão do *layout* da página de abertura do aplicativo *HistoLabApp*. (a) Apresentação do aplicativo (b) menu principal com os principais tecidos e (c) classificação do tecido epitelial (d) Lâmina fotomicrografada do tecido epitelial pseudoestratificado.



Fonte: Do próprio autor, 2021

A principal vantagem de desenvolvimento de objetos educacionais é o reaproveitamento dos mesmos, sendo disponibilizados em *sites* permitindo o acesso e a utilização desses materiais por qualquer indivíduo (STRAND *et al.*, 2016). No caso do aplicativo em desenvolvimento nesta pesquisa acredita-se que sua utilização será em larga escala, pois oferecerá a possibilidade de ser consultado em dispositivos móveis, dentro de casa e nos ambientes escolares, sempre acompanhando o dinamismo que será mostrado na disciplina de Histologia.

No cenário atual vivenciado por uma pandemia, na qual os alunos e professores estão distantes da sala de aula a função das TIC'S é romper barreiras de acesso à Educação, é proporcionar metodologias ativas que facilitem e cheguem com mais facilidade aos

alunos, além de tornar o método de ensino mais atrativo e dinâmico (PEREIRA *et al*, 2016). A inserção das TIC'S na educação atual proporcionou grandes revoluções e mudanças significativas ao paradigma educacional tradicional, promovendo formas de ensinar e aprender, estimulando novos comportamentos nos docentes e estudantes, novos métodos de se relacionar e a nova maneira de produzir conhecimento (SILVA, SANTOS, CORTEZ, CORDEIRO, 2015).

Um dos grandes desafios para que exista melhoria da educação brasileira a distância é a questão de como manipular a interação entre o professor e o aluno (RAVEN, 2010; DIXSON, 2010; ATTARDI, CHOLS, BARNETT, 2016; XIM *et al*, 2021). Para isso, a inserção de metodologia *mobile learning* pode ajudar a consolidação dessa tentativa. Os alunos também pensam que existe uma comunicação mais satisfatória durante as aulas didáticas que apresentam essas metodologias diferentes do que *on-line*.

O desenvolvimento de pesquisas relacionadas ao uso de tecnologias, como aplicativos, softwares na Histologia como métodos de ensino pode subsidiar o uso dessas tecnologias de ensino também nas escolas, propondo integrar o ensino de Histologia aos ambientes virtuais. Dessa forma, se faz importante que haja uma familiarização dos estudantes de graduação com esses recursos tecnológicos, com objetivo de favorecer a utilização desses recursos. A Educação em Histologia deve abranger a capacitação dos

graduandos tendo em vista uma sociedade do conhecimento, na qual possa transformar esses conhecimentos em informática indispensável para o aprendizado dos alunos.

Avaliando o aplicativo *HistoLabApp*

A versão do aplicativo móvel foi disponibilizada na loja oficial do *Google Play* e visitado e baixado por mais de 315 pessoas de 39 países, dentre eles: Estados Unidos, Coreia do Sul, Argentina, Índia, Bolívia, Colômbia, Paraguai, Portugal e Brasil em menos de 1 mês, dentre elas, 50 pessoas avaliaram o *HistoLabApp* nas lojas do *Google Play* com 5 estrelas e deixaram aproximadamente 30 comentários. Além disso, 130 alunos dos cursos de graduação de Ciências Biológicas, Zootecnia e Medicina Veterinária, Áreas da Saúde e afins, que fizeram comentários e considerações sobre a utilização do aplicativo no formulário através do *Google Forms*. Cabe ressaltar que essas informações disponibilizadas como a quantidade de downloads, de comentários, erros na instalação e os locais que foram baixados, são disponibilizados para o proprietário que cadastrou o App na plataforma *Google Console*, onde temos acesso ao painel de funcionamento e seus Kpis.

Quando se perguntou aos entrevistados se costumam utilizar aplicativos móveis para estudo de Histologia, 58,4% responderam que utilizam aplicativos, 31,2% utilizam as vezes e 10,4% não utilizam. No contexto do ensino de Ciências e Biologia, a disciplina Histologia

apresenta conteúdos que devem priorizar a elaboração de material de apoio para facilitar a compreensão do conteúdo presente nos livros didáticos (SILVA, 2019; OLIVEIRA; ARAUJO; PRADO, 2011).

Um dos programas mais utilizados para isso, o Microsoft PowerPoint®, reúne uma série de ferramentas para edição e exibição de imagens, textos e esquemas, e costuma ser utilizado por professores para criar apresentações e utilizá-las em suas aulas expositivas (SILVEIRA, 2017). Atlas de Histologia impressos e digitais também são considerados ferramentas bastante úteis para superar os obstáculos do ensino de Histologia (FREITAS, CARDOZO, 2014; SILVEIRA, 2017). Mas, cada vez mais, os alunos têm recorrido a aplicativos móveis, devido à facilidade de acesso por estarem sempre conectados com seus celulares, e professores passam a utilizar mais aplicativos para ensino com adesão de aulas remotas. Um dos avaliadores destaca em seu comentário sobre o aplicativo:

“O aplicativo surge com uma proposta atual, que é a aplicação das tecnologias no ensino, podendo ser utilizadas em aulas práticas a distância (uma demanda que surgiu no momento pandêmico) para a graduação e ensino básico. É um **aplicativo objetivo e simples**, com imagens INÉDITAS, que traz uma complementação de aulas teóricas. Muito bom e muito bem pensado. Parabéns.” (PEREIRA, 2021)

A introdução das TIC's na área da educação vem inovando a relação ensino-aprendizagem à medida que são adaptadas às necessidades de modelos educacionais contemporâneos (GALVÃO FILHO, 2013; PEREIRA *et al.*, 2016).

Dessa forma, para organizar e apresentar o aplicativo *HistoLabApp* fez-se necessário que esse priorizasse a usabilidade e acessibilidade, como também a dinamização das bibliografias exploradas para atender o público-alvo. A Histologia acompanha essa inovação e por meio de experiências com a utilização de ambientes virtuais de aprendizagem têm demonstrado que a interatividade favorece o processo de aprendizado (HOLANDA; PINHEIRO, 2015; RIBEIRO, 2017).

Quando questionados se gostaram do aplicativo *HistoLabApp* desenvolvido, 100% dos usuários disseram que gostaram da elaboração do aplicativo para ensino-aprendizagem de Histologia, pois ajuda a integrar novas ferramentas a educação brasileira.

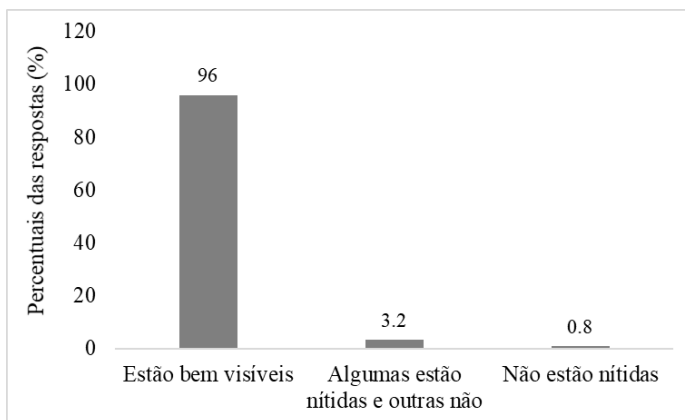
“Gostei muito do aplicativo, pois é uma ferramenta que pode de fato revolucionar o ensino, trazendo essa perspectiva dinâmica, interativa, e móvel, super interessante nessa dimensão a qual estamos vivendo onde a educação precisou se adaptar a metodologia online.” (ALVES, 2021)

“É um excelente trabalho, muito bem organizado, didático, de fácil acesso para todos e vai contribuir bastante para nossos estudos. Obrigada equipe e ao Ítallo Cristian, por disponibilizar um trabalho tão bem feito e ainda de forma gratuita! Parabéns e obrigada.” (LISBOA, 2021)

Sobre a qualidade das fotomicrografias utilizadas no aplicativo móvel, a maioria dos entrevistados (96%) considerou as imagens histológicas bem nítidas e com resoluções boas (Gráfico 1), (3,2%) considerou que as fotomicrografias somente algumas estão nítidas e (0,8%) não estão nítidas. A perda da resolução nas imagens

pode estar ligada com a qualidade da internet dos usuários, quando foi desenvolvido todas as fotomicrografias disponibilizadas foram colocadas em alta resolução. De acordo com Santa-Rosa e Struchiner (2011), recursos multimídia aplicados ao ensino de Histologia devem apresentar imagens histológicas específicas sempre em foco e com alta qualidade para contribuir efetivamente no processo ensino-aprendizagem dos alunos, permitindo que estes estudem através de imagens que observariam por meio de microscópios.

Gráfico 1- Sobre a qualidade das fotomicrografias disponibilizadas no aplicativo.



Fonte: Do autor, 2021.

Ainda, um dos principais pontos mais comentados pelos usuários nas avaliações foram a qualidade das fotomicrografias:

“Aplicativo bem elaborado, com textos curtos, porém bem claros e explicativos. Recomendo o uso por ser um aplicativo de fácil manuseio **contendo imagens com boa resolução**. Em aulas práticas de histologia pode ser bem utilizado pelos alunos.” (GOMES, 2021)

“Aplicativos como esse (*HistoLabApp*) são fundamentais para estudantes que querem se aprofundar em seus estudos. **Um banco de imagens muito bom** e de fácil compreensão facilita o acesso a esses tipos de conteúdo. Por fim, o App possui um tamanho baixo de download e não compromete o armazenamento.” (MORAES, 2021)

Em relação a escrita do texto utilizado no aplicativo, a maioria dos entrevistados (96%) respondeu que os textos são claros (curtos, mas objetivos e compreensíveis), e (4%) disseram que os textos nem sempre estão claros. Os usuários do aplicativo destacaram que os textos estavam curtos, porém eram objetivos e sempre claros e explicativos. Os pontos que foram mais citados referem-se a forma como o aplicativo foi planejado, tentando buscar sempre os pontos negativos e que eram mais criticados em outros aplicativos (KRIMBERG *et al.*, 2017). E um dos pontos que eram mais citados nas avaliações de outros aplicativos eram textos longos, cansativos e nem sempre objetivos, por isso, o *HistoLabApp* foi elaborado com textos simples, objetivos e descritivos, sendo elogiado nas avaliações:

“Aplicativo bem elaborado, **com textos curtos, porém bem claros e explicativos**. Recomendo o uso por ser um aplicativo de fácil manuseio contendo imagens com boa resolução. Em aulas práticas de histologia pode ser bem utilizado pelos alunos.” (BRASIL, 2021)

“Aplicativos são sempre bem-vindos, principalmente os de uso off-line, **facilitam a vida dos usuários e o *HistoLabApp* apresentou essa finalidade, com textos curtos e enxutos**. Parabéns pela iniciativa de levar conteúdo de qualidade a todos.” (BARROS, 2021)

Quando solicitados para avaliar o aplicativo em uma escala de o (péssimo) a 6 (excelente), a maioria dos usuários avaliou como nota 5 (79,2%) e nota 4 (16,8%). O desenvolvimento de um aplicativo de

Histologia virtual, possibilita que os alunos consigam acompanhar os estudos teóricos. Por se tratar de um produto educacional com viés tecnológico, ele é suscetível a remodelações para que seja capaz de acompanhar a dinâmica dos intensos avanços apresentados pela Ciência na sociedade contemporânea.

“Aplicativo bem elaborado, com textos curtos, porém bem claros e explicativos. Recomendo o uso por ser um aplicativo de fácil manuseio contendo imagens com boa resolução. Em aulas práticas de histologia pode ser bem utilizado pelos alunos.” (MIRANDA, 2021)

Divulgação do *HistoLabApp*

O aplicativo “*HistoLabApp*”, após a indexação no *Google Play*, foi divulgado nas principais redes sociais da UEMA, dentre elas no Instagram @uema_oficial, @bioaquauema @cristian_itallo, capaz de proporcionar maior visibilidade ao material divulgado, cabe ressaltar que o *Instagram* é uma das plataformas mais utilizadas atualmente (VIEIRA, 2021).

Ainda foi utilizado o IGTV para divulgação, com informações de como baixar e utilizar o aplicativo nas redes de @denisonferreira e @cristian_itallo que teve o alcance de quase 2.900 visualizações. O IGTV nos possibilita criar conteúdos relacionados às aulas e temas trabalhados na disciplina, nada mais é que um recurso de vídeo do Instagram que permite gravação de vídeos mais longos (COELHO, COSTA, BOTTENTUIT JUNIOR, 2020). Dessa forma, percebe-se que

o Instagram emoldura como uma das ferramentas mais utilizadas pelos jovens na atualidade que se torna parte do seu cotidiano.

CONCLUSÃO

É urgente que estratégias dinâmicas, interativas e inovadoras sejam adotadas no ensino de disciplinas que precisam de aulas laboratoriais como é o caso de Histologia, de modo que reduza a prática cristalizada de memorização estagnada de conceitos e passe a valorizar a reflexão.

A maioria dos aplicativos de Histologia analisados não descreve todas as estruturas celulares e teciduais, não fornecem descrições das imagens, se encontram em língua inglesa sendo uma limitação de acesso para estudantes brasileiros e ainda apresenta uma leitura clara e objetiva. Todas essas observações e limitações foram incorporadas no aplicativo *HistoLabApp*, de forma a agregar a maior possibilidade de aspectos positivos ao processo de ensino-aprendizagem em Histologia.

O aplicativo *HistoLabApp* foi elaborado para permitir construção de conhecimento, visualização e associação dos conteúdos de histologia e as fotomicrografias elaboradas com as lâminas do acervo da Universidade, e textos curtos, elaborados utilizando literatura referência pelos professores da disciplina. O *App* deve ser valorizado por se tratar da criação de um acervo visual e textual, que facilita a introdução dele em sala de aula facilitando a

dinâmica. Dessa forma, espera-se que o *HistoLabApp* contribua com as novas metodologias de ensino- aprendizagem.

Como perspectivas futuras, pretende-se popularizar ainda mais o aplicativo nas plataformas do iOS para que mais usuários tenham acesso à informação, criar tutorial de utilização para ser disponibilizado nas redes do laboratório, aumentar o número de fotomicrografias disponibilizadas em diferentes aumentos, inserir esquemas e mapas mentais como resumo e gravar alguns vídeos para serem disponibilizados para complementação do conteúdo.

REFERÊNCIAS

ALFINO, L. C. P. S.; SANTOS, F. K. S. Possibilidades e desafios para prática docente no processo de aprendizado discente e o uso das Novas Tecnologias da Informação e Comunicação (NTIC) no ensino de geografia. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 34, n. 2, 2017.

APPRUMO, Inc. **Atlas de histologia**. 2016. Disponível em:<https://play.google.com/store/apps/details?id=apprumo.com.thehistology&hl=pt_BR&gl=US> Acessado: 20 de fevereiro de 2021.

ARAUJO, V. G. **Histologia vitais system**.2019. Disponível em;<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.vegarcezb.histologiavitais&hl=pt_BR&gl=US. Acessado em: 20 de fevereiro de 2021.

ASSAD, M. L. R. C. L.; FUJIHARA, R. T. Ciência, Tecnologia e Sociedade em tempos de pandemia. **Ciência, Tecnologia & Ambiente**, vol. 9, e09164. 2019.

ATTARDI, S. M., CHOI, S, BARNETT J. Avaliação de alunos de métodos mistos de um curso online de anatomia humana sistêmica com laboratório. **Anat. Sci. Educ.**, 9 pp. 272 – 285, 2016.

BORGES, J. G. M. **HistoBioCelp: Um aplicativo para educação em Histologia**. 2019. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Sistemas de Informação) - Faculdade de Computação, Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2019.

CHIPINDO, P. C. M. Inovação e mudanças tecnológicas: seu impacto na qualidade do processo de ensino e aprendizagem. **REFCalE: Revista Electrónica Formación y Calidad Educativa**, v. 5, n. 3, p. 171-184, 2018.

COELHO, F. M. T. S.; COSTA, M. J. M.; BOTTENTUIT JUNIOR, J. B.. O professor híbrido: o Instagram como mídia de apoio à educação no ensino superior. **Revista Intercâmbio**, v. XLV: 52-69, 2020.

DIXSON, M. D. Criando engajamento efetivo dos alunos em cursos online: o que os alunos acham interessante? **J. Scholarsh. Ensinar. Aprender**, 2010.

DOS SANTOS JUNIOR, V. B.; DA SILVA MONTEIRO, J. C. Educação e covid-19: as tecnologias digitais mediando a aprendizagem em tempos de pandemia. **Revista Encantar-Educação, Cultura e Sociedade**, v. 2, p. 01-15, 2020.

EOLAS Inc. **The AnatLab System**. 2019. Disponível em: <<http://eolas.com/products.html>>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2021.

FREITAS, C. H. B.; CARDOZO, S. V. Atlas Digital de Morfologia Comparada: uma Ferramenta Complementar ao Ensino de Histologia e Histo-Patologia. **Revista Uniabeu**, v. 7, n. 16, p. 113-126, 2014.

GALVÃO FILHO, T. Tecnologia assistive e Educação. SOUZA, R. C. S.; BARBOSA, J. S. L. (Org.). **Educação inclusiva, tecnologia e tecnologia assistiva**. Aracaju: Criação, p. 31-36, 2013.

GARTNER, L. P.; HIATT, J. L. **Histologia Essencial**. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda., 2012.

HOLANDA, V. R.; PINHEIRO, A. K. B. Desenvolvimento de um sistema hipermídia para o ensino interativo das doenças sexualmente transmissíveis. **Rev Enferm UFPE on line**. 2015.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia Básica: Texto e atlas**. 13. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan Ltda., 2018.

KENSKI, V. M. **Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação**. Campinas: Editora Papirus. 2012.

KRIMBERG, L., SONEGO, A. H. S., RIBEIRO, A. C. R., & BEHAR, P. A. Construção de aplicativos educacionais na formação de professores: critérios pedagógicos, técnicos e interativos. **Nuevas Ideas en Informática Educativa**. Santiago: Organiza, p. 144-149, 2017.

LEGNER, C.; EYMANN, T.; HESS, T.; MATT, C.; BÖHMANN, T.; DREWS, P.; AHLEMANN, F. Digitalization: opportunity and challenge for the business and information systems engineering community. **Business & information systems engineering**, v. 59, n. 4, p. 301-308, 2017.

LIMA, L.V. **Aprendizagem móvel e ensino de ciências: um suporte para professores de ciências e biologia**. Dissertação (Mestrado Profissional) - Programa de Pós- Graduação em Ensino das Ciências, Universidade do Grande Rio, Rio de Janeiro, 2017.

OLIVEIRA, K. B.; ARAUJO, M. F. F.; PRADO, M. M. R. Limites e possibilidades da utilização de atividades experimentais como

instrumento didático em escolas públicas do Rio Grande do Norte-Brasil. **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 8, 2011.

PEREIRA, F. G. F.; SILVA, D. V.; SOUSA L. M. O.; FROTA, N. M. Construção de um aplicativo digital para o ensino de sinais vitais. **Revista Gaúcha Enfermagem**, v. 3, n. 37, p-e59015, 2016.

RAVEN, M. W.. Aprendizagem Online no Ensino Superior: uma revisão de pesquisas sobre interações entre professores e alunos, **Educação, Comunicação e Informação**. Volume 3- [Ed. 2](#), 2010.

RIBEIRO, L. B. **CompartilhAção de Inclusão: o potencial didático dos aplicativos de acessibilidade para a Educação Inclusiva**. Dissertação de Mestrado em Tecnologias da Inteligência e Design Digital. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2017.

SANTA-ROSA, J. G.; STRUCHINER, M. Tecnologia educacional no contexto do ensino de histologia: pesquisa e desenvolvimento de um ambiente virtual de ensino e aprendizagem. **Revista Brasileira de Educação Médica**, v. 35, p. 289-298, 2011.

SANTOS GARCIA. I. O.; da FONSECA, M. I. Bibliotecas no Instagram: um estudo sobre o uso do aplicativo por unidades de informação. **Prisma. com**, n. 35, p. 108-151, 2018.

SILVA, A. N.; SANTOS, A. M. G.; CORTEZ, E. A.; CORDEIRO, B. C. Limites e possibilidades do ensino à distância (EaD) na educação permanente em saúde: revisão integrativa. **Ciências Saúde Coletiva**, v. 4, n. 20, 2015.

SILVA, M. N. L. **História em quadrinhos como recurso de apoio ao ensino de histologia**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de Pernambuco, Vitória do Santo Antão, 2019.

SILVEIRA, Ana Carolina Madeira. **As Tecnologias da Informação e Comunicação no Ensino de Ciências: Desenvolvimento de um Aplicativo Mobile de Histologia Animal e sua aplicação em Sala de Aula.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas), Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2017.

STRAND. H.; FOX-YOUNG, S.; LONG, P.; BOGOSSIAN F. A pilot project in distance education: nurse practitioner students' experience of personal video capture technology as an assessment method of clinical skills. **Nurse Education Today**, v. 3, n. 33, 2016.

XIN, C.; LAP, K. C.; HONGMEI, C.; DESHAN, Z.; XUESONG Y. Adaptions and perceptions on histology and embryology teaching practice in China during the Covid-19 pandemic, **Translational Research in Anatomy**, v. 24, 2021.

**DIVERSIDADE PLANCTÔNICA E DE MACROALGAS NO
ESTUÁRIO DO RIO TIBIRI, POVOADO DE QUEBRA-POTE,
SÃO LUÍS, MA**

Rayane Serra Rosas¹

Danielle Stephane Campos Souza²

Leonardo Rodrigues Dutra³

Marco Valério Jansen Cutrím⁴

Andrea Christina Gomes de Azevedo-Cutrím⁵

INTRODUÇÃO

As regiões mais produtivas dos oceanos são as áreas costeiras, pois correspondem mais da metade da fecundidade biológica e é nela que se encontram vários tipos de ecossistemas que são vitais à vida e à humanidade. Dentre esses ecossistemas, destacam-se os estuários que possuem uma variabilidade espacial e temporal na qual está relacionada a fatores variados como o fluxo do rio, entrada da maré, balanço sedimentar e ciclos de erosão e deposição (ELLIOT; WHITFIELD, 2011).

O ecossistema estuarino é um ambiente provido por altas taxas de nutrientes que são resultantes do deságue dos rios,

¹ Graduando(a) do curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual do Maranhão; Bolsista PIBIC/UEMA.

² Graduando(a) do curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual do Maranhão; Bolsista PIBIC/UEMA.

³ Graduando(a) do curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual do Maranhão; Bolsista PIBIC/UEMA.

⁴ Professor Titular do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental (CTA), da Universidade Federal do Maranhão.

⁵ Professora Adjunto IV do Departamento de Biologia e do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade (PPGECB), da Universidade Estadual do Maranhão.

considerado berçário para muitos peixes, crustáceos e moluscos. O estuário é apontado como uma zona de transição entre o ambiente fluvial e costeiro e são locais apropriados para atividades humanas de pesca e lazer, devido à sua ocorrência próximo aos centros urbanos (PEREIRA, 2019).

Há grandes evidências de que os impactos ecológicos das mudanças climáticas recentes e as respostas da flora e da fauna já atingem uma variedade de ecossistemas e hierarquias organizacionais, das espécies aos níveis da comunidade. Essa mudança rápida deve afetar o crescimento de plâncton com um impacto significativo em sua distribuição, diversidade, abundância, biomassa e tamanho (GORSKY *et al.*, 2010).

O fitoplâncton abrange um conjunto de algas microscópicas, principalmente unicelulares, fotossintetizantes, que flutuam na superfície das águas, podendo ser isoladas ou coloniais, com dimensões que variam de 2 a 200µm (CUNHA *et al.*, 2019), é o principal produtor primário dos ambientes costeiros, sendo responsável pelo início do fluxo de matéria e energia da rede trófica destes ambientes (SOUSA *et al.*, 2009).

Os indivíduos que compõem a comunidade de zooplâncton apresentam sensibilidade frente às mudanças ambientais e podem responder rapidamente aos mais diversos tipos de impactos. Essas respostas podem se manifestar tanto através da alteração na composição e diversidade, como no aumento ou diminuição da

densidade da comunidade de zooplâncton, considerados bioindicadores de distúrbios ambientais, compondo um elo da teia trófica que pode levar a desestruturação dos demais níveis tróficos, caso haja alteração (DANTAS-SILVA; DANTAS, 2013).

Já as macroalgas se destacam como importantes componentes nos ecossistemas marinhos por serem os produtores primários dos ambientes bentônicos. Em quase todo o litoral brasileiro, em especial no sudeste e nordeste, a riqueza e abundância das algas são capazes de despertar o interesse dos frequentadores das praias (NASSAR, 2012). Essas macroalgas podem ser divididas em três grandes grupos, representadas pelas algas verdes (Chlorophyta), marrons ou pardas (Ochrophyta) e algas vermelhas (Rhodophyta), de acordo com os pigmentos que possuem (BUGS *et al.*, 2018).

Portanto, este trabalho teve como objetivo avaliar a diversidade planctônica (fitoplâncton e zooplâncton) e de macroalgas no estuário do rio Tibiri, povoado de Quebra-Pote, situado no Complexo Estuarino de São José, São Luís – MA.

METODOLOGIA

A zona costeira maranhense possui uma extensão de 640 km, nela encontra-se um mosaico de ecossistema de grande relevância ambiental com manguezais, campos inundáveis, dunas, estuários, recifes de corais e outros ambientes importantes ecologicamente (FURTADO, 2001). O Complexo Estuarino de São José (CESJ) está

situado ao sudeste da ilha do Maranhão e faz parte de um grande complexo estuarino juntamente com São Marcos, constituída principalmente pelos aportes fluviais dos rios Itapecuru e Munim (DAMAZIO *et al.*, 1989) e uma área de aproximadamente 665 km².

O clima é tropical, com temperaturas elevadas durante o ano todo, com dois períodos estacionais bem definidos, o período chuvoso (janeiro a julho) e período de estiagem (julho a dezembro), com totais anuais superiores a 2.000 mm (AZEVEDO-CUTRIM *et al.*, 2008).

O povoado do Quebra-Pote é banhado pelo rio Tibiri, responsável pelo aporte terrígeno que carrega na grande quantidade de nutrientes, tornando o corpo d'água turvo, principalmente no período chuvoso, sofre influência das marés que chegam a atingir níveis de 7,0 a 8,0 metros de amplitude (SILVA; ALMEIDA, 2002). Três campanhas amostrais foram realizadas para este estudo, ocorrendo em outubro/2020, no período de estiagem (PE), janeiro/2021, durante o período de transição (PT) e abril/2021 no período chuvoso (PC), em três pontos amostrais, denominados Porto do Quebra-Pote (QP₁), Fundão (QP₂) e Tajaçuaba (QP₃) (Figura 1).

Figura 1. Área de amostragem a sudeste da ilha de São Luís, CESJ - MA.



Fonte: Adaptado do Google Earth

Para a coleta das amostras da água foram feitas coletas sub-superficiais de água (a 50 cm da superfície) em marés de sizígia, durante a vazante, nos três pontos do Quebra-Pote, devidamente georeferenciados através de GPS modelo GARMIN (Tabela 1).

Tabela 1 - Localização dos pontos de amostragem em Quebra Pote - MA.

| Ponto | Coordenadas geográficas | Referências |
|-------|---------------------------|----------------------|
| QP1 | 02°41'20" S e 44°12'37" W | Porto do Quebra-Pote |
| QP2 | 02°40'92" S e 44°21'91" W | Fundão |
| QP3 | 02°37'59" S e 44°13'21" W | Porto do Tajaçuaba |

Fonte: Elaborado pelos autores.

O Porto do Quebra-Pote (QP1) encontra-se sob as coordenadas geográficas de 02°41'20" S e 44°12'37" W; corresponde ao

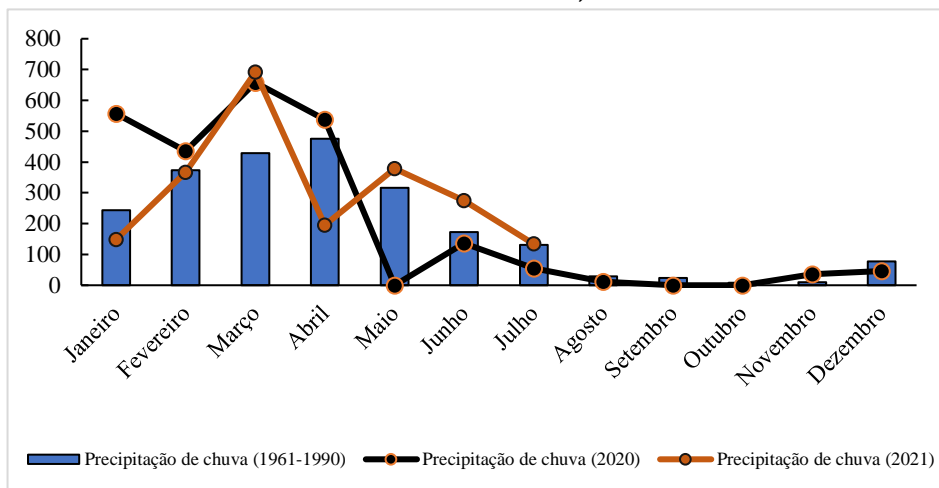
desaguadouro do rio Tibiri, no CESJ, importante para economia do povoado, com intensa movimentação de barcos pesqueiros, é o ponto principal de descarga e comercialização o pescado, além de apresentar um certo grau de impacto na poluição das águas.

O Fundão (QP₂) está georeferenciado com $02^{\circ}40'92''$ S e $44^{\circ}21'91''$ W, parte que corresponde ao leito do rio Tibiri, que se apresenta como uma área cercada por manguezais, com vegetação e animais do ecossistema.

O Porto do Tajaçuba (QP₃) está demarcado sob as coordenadas geográficas de $02^{\circ}37'59''$ S e $44^{\circ}13'21''$ W, é um ponto pesqueiro de descarga e comercialização de pescado, no entanto apresenta menos impacto aparente, diferente do primeiro ponto amostral.

Os dados climatológicos de pluviosidade foram obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), com a média histórica anual, baseado nos últimos 30 anos e os dados da maré foram consultados na Tábuas das Marés da Marinha do Brasil (Figura 2).

Figura 2 – Média histórica de precipitação pluviométrica mensal (dos últimos 30 anos), precipitação pluviométrica mensal do ano de 2020 até julho de 2021.



Fonte: INMET (2021).

Durante as coletas foram realizados registros dos parâmetros físico-químicos da água, como a aferição da salinidade (g.kg^{-1}) feita com uso de refratômetro, a temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$), o pH e o oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}) por meio do multiparâmetro digital HANNA. A transparência da água (cm) foi determinada através da leitura do disco de Secchi, em função do seu desaparecimento na coluna d'água.

Para a análise qualitativa do plâncton, as amostras foram obtidas utilizando rede cônico-cilíndrica com arrastos horizontais e subsuperficiais na coluna d'água, por 10 minutos para obtenção das amostras, utilizando malha da rede de $45\ \mu\text{m}$ para o fitoplâncton e de $120\ \mu\text{m}$ para o zooplâncton, com o fluxômetro acoplado para

verificar o volume de água filtrada. Posteriormente as amostras foram acondicionadas em frascos plásticos etiquetados, fixadas no formol à 4% e transportadas para o Laboratório de Biologia Vegetal e Marinha (LBVM) da Universidade Estadual do Maranhão.

Para a clorofila -a em cada ponto de amostragem foram filtradas duas réplicas da amostra total e uma amostra fracionada. No procedimento de fracionamento a amostra passou por um copo com tela de 20 μm para separar as diferentes frações da comunidade fitoplanctônica (> 20 μm correspondendo ao microfitoplâncton e < 20 μm equivalente ao nano/picofitoplâncton). A leitura da clorofila-a seguiu o método de Strickland e Parsons (1963), realizada no LBVM, utilizando o espectrofotômetro Spectronic 200.

A densidade fitoplanctônica (número de células.L⁻¹) seguiu a técnica de Utermöhl (FERRARIO *et al.*, 1995), utilizando-se o microscópio invertido (ZEISS Axiovert 100), em aumento de 40x, empregando-se a contagem mínima de 100 campos e ao final calculou-se o total de células existentes em toda câmara de sedimentação, com microscopia invertida no Laboratório de Ficologia (LabFic) da Universidade Federal do Maranhão.

A análise quantitativa da comunidade de zooplâncton foi realizada sob microscopia óptica em aumento de 400x, pela contagem de, no mínimo, 200 indivíduos em câmara Sedgewick-Rafter (1 mL) de sub-amostras obtidas com pipeta graduada (PINTO-COELHO, 2007; CETESB, 2012) e a densidade (org.m⁻³) obtida através

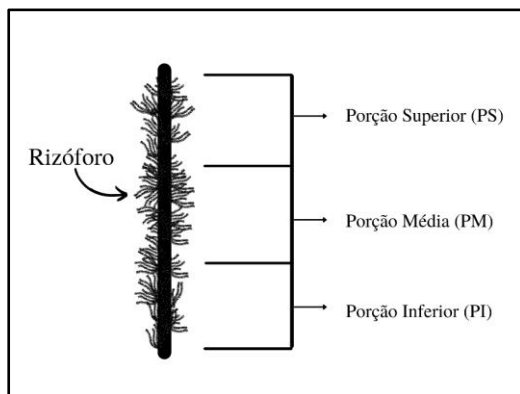
do número de indivíduos presentes por amostra (estimado a partir das subamostras analisadas), dividido pelo volume de água filtrado pela rede (m^3), de acordo com Martinelli Filho (2013).

A coleta das macroalgas foi realizada conforme métodos usuais empregados nos estudos de algas marinhas bentônicas (CORDEIRO-MARINO, 1978), as quais foram retiradas do substrato, com o auxílio de espátula metálica e faca, tomando-se o cuidado para a obtenção de exemplares inteiros, devidamente armazenados em sacos plásticos etiquetados, transportados ao LBVM e acondicionados em freezer para preservação de suas características naturais, para a triagem e análise da composição florística.

Para a análise quantitativa das macroalgas foram utilizadas unidades amostrais representadas por amostragem destrutiva (biomassa), onde foram coletados três rizóforos de cada ponto amostral, levados ao laboratório, sendo retirada as medidas de comprimento, espessura e diâmetro.

Cada rizóforo foi dividido em três porções a partir do sedimento (Figura 3), representadas por porção inferior (PI), porção média (PM) e porção superior (PS), de onde as macroalgas foram retiradas através de raspagem, com auxílio de espátulas metálicas foi feita a triagem por meio do estereomicroscópio e em seguida foram armazenadas em frascos plásticos contendo formol a 4%.

Figura 3 - Esquema das porções dos rizóforos para a retirada das macroalgas.



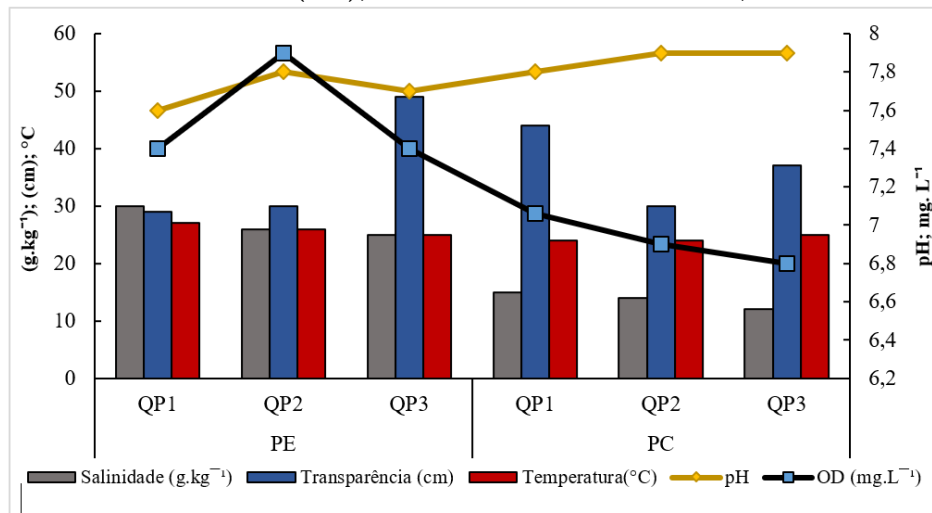
Fonte: Elaborado pelos autores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização físico-química da área

Os parâmetros físico-químicos da água coletada nos três pontos amostrais (QP₁ – Porto do Quebra Pote; QP₂ – Fundão e QP₃ – Porto de Tajaçuba), durante o período de amostragem, encontram-se expressos na figura 4.

Figura 4 – Parâmetros abióticos dos pontos amostrais (QP₁, QP₂, QP₃), durante o período de estiagem (PE), transição (PT) e chuvoso (PC), no estuário do rio Tibiri, MA.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A salinidade variou de 12 (PC em QP₃) a 30 g.kg⁻¹ (PE em QP₁), constatando-se que a pluviometria interfere diretamente na diminuição da salinidade do estuário do rio Tibiri, mantendo-se mais baixa por todo o período chuvoso. Com relação à espacialidade o ponto QP₁ registrou maior valor de salinidade pelo fato de estar na foz do rio em contraponto ao QP₃, com menor salinidade por representar a região mais interna no rio, portanto mais doce e à montante. Desta forma, segundo os dados adquiridos e conforme a Resolução CONAMA 357/05, as águas do rio Tibiri são consideradas salobras.

Segundo os trabalhos de Azevedo-Cutrim (2008); Silva e Conceição (2011), isso decorre da baixa circulação das águas

estuarinas e pela presença de água mais densa provenientes do CESJ, que importam constantemente água salgada para o seu interior, favorecendo os processos de evaporação e a salinização desse sistema.

A temperatura da água no estuário do rio Tibiri apresentou-se entre os valores de 24°C e 27°C. Os resultados condizem com os encontrados em Kubitiza (2000) onde diz que a variação de temperatura da água adequada para o crescimento das espécies tropicais está entre 25°C e 32°C. A temperatura foi constante durante o período de estudo, característico de ambientes costeiros (BRUGNOLI-OLIVEIRA; MORALES-RAMIREZ, 2008).

No ambiente estuarino, a temperatura e a salinidade podem variar horizontal e verticalmente na coluna d'água, sendo que esta diluição é o principal fator que controla a dispersão e atividade de animais e plantas, agindo como fatores limitantes à reprodução, ao crescimento e à distribuição de organismos (CONCEIÇÃO, 2013).

Quanto à transparência da água apresentou oscilações entre 26 cm (QP₃-PT) até 49 cm (QP₁-PE), obtendo altos teores devido à falta de chuva na região, o que de acordo com Carvalho (2018), esses valores podem estar associados a dinâmica do ambiente. A transparência da água influencia a comunidade fitoplanctônica, haja vista que esses organismos utilizam a radiação solar como fonte de energia.

O pH apresentou-se entre 7,6 e 7,9 que, de acordo com Barbosa (2015), o pH em águas estuarinas normalmente encontra-se entre 7 e 9, indicando um ambiente alcalino. Os resultados obtidos corroboram com os encontrados por Berrêdo (2008) em seu estudo no rio Marapanim onde a variação do pH esteve entre 7,8 e 7,9.

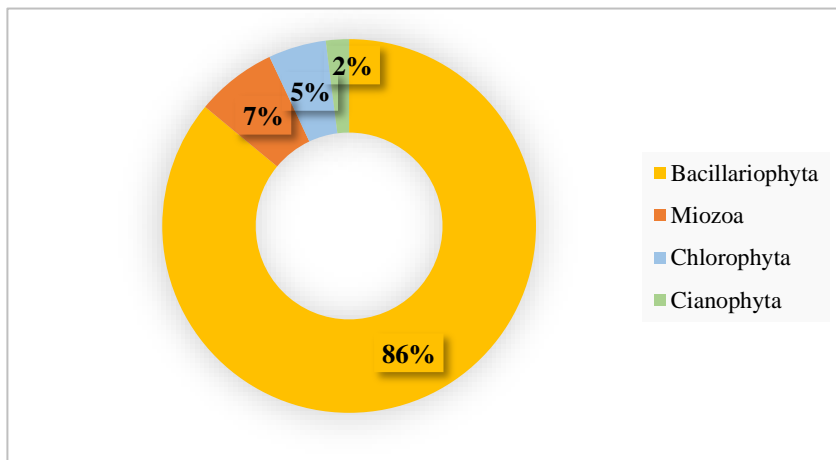
Segundo os estudos do Cetesb (2021), as águas naturais apresentam diferentes pH que variam com as características do solo. A alteração do pH das águas pode também decorrer da elevada atividade fotossintética, quando o pH tende a aumentar, um exemplo seria a floração de algas, independente da alga ser tóxica ou não. Foi observado que não é o caso da área de estudo, visto que apesar de se perceber no PT uma floração de diatomáceas, os pontos amostrais não sofreram grandes alterações permanecendo neutro.

O oxigênio dissolvido (OD) obteve variação de 6,8 (QP3-PC) a 9,1 mg.L⁻¹ (QP2-PT), dados que condizem com os encontrados por Mascarenhas *et al.*, (2013) que também encontraram altos valores de oxigênio.

Parâmetros Biológicos

A comunidade fitoplanctônica no estuário do rio Tibiri permitiu identificar 84 táxons genéricos e infragenéricos da comunidade fitoplantônica, enquadrados em quatro divisões: Bacillariophyta (86%), Miozoa (7%), Cianophyta (5%) e Clorophyta (2%) (Figura 5).

Figura 5 - Distribuição percentual da comunidade fitoplanctônica, identificada no estuário do rio Tibiri, MA.



Fonte: Elaborado pelos autores

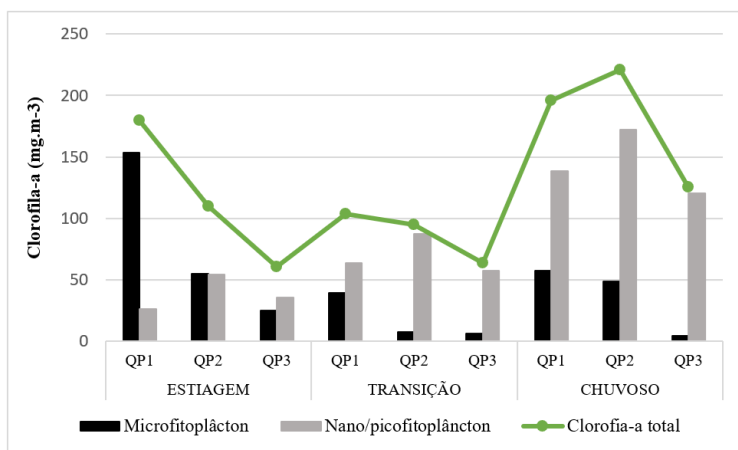
Dados similares foram encontrados por Cavalcanti *et al.*, (2020) em seu trabalho, onde a divisão Bacillariophyta apresentou predominância de 75%, seguida de Miozoa com 11%, Cyanophyta 4% e Clorophyta 2%, bem como aos observados por Santos (2017), onde a divisão Bacillariophyta (65%) foi predominante, corroborando também com estudos realizados por Azevedo-Cutrim (2008), onde as diatomáceas foram predominantes no Golfão Maranhense, totalizando 72% dos táxons identificados.

A distribuição espacial e temporal da clorofila-a total no estuário do rio Tibiri, durante os períodos sazonais, obteve uma variação de 60,8 mg.m⁻³ em QP₃ a 220,64 mg.m⁻³ em QP₂ no PE e PC, respectivamente. Os valores de clorofila-a em relação aos períodos

estacionais, obteve maior concentração no período chuvoso, em especial no QP1 e QP2 (Figura 6).

Em relação ao fracionamento das amostras, o microfitoplâncton (fração >20 µm) variou de 4,68 mg.m⁻³ em QP3/chuvoso a 153,27 mg.m⁻³ em QP1 no período de estiagem. Enquanto o nano/picofitoplâncton (fração <20 µm), oscilou entre 26,37 mg.m⁻³ (QP1/ estiagem) a 172,08 mg.m⁻³ em QP2 no chuvoso. Com relação à contribuição das frações do fitoplâncton, constatou-se que o nano/picofitoplâncton foi a fração mais representativa nos pontos amostrais durante os períodos de coleta, coincidindo com os dados encontrados por Carvalho (2018), em seu estudo na baía de São José - MA, onde os organismos nano/picofitoplâncton registrou maior contribuição.

Figura 6 - Variação sazonal e espacial do microfitoplâncton, nano/picofitoplâncton e clorofila-a, no estuário do rio Tibiri, MA.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A densidade do fitoplâncton apresentou variações temporais, sendo maior no período chuvoso, com 433.191,600 cels.L⁻¹ em QP₃/PE a 4.572.578,00 cels.L⁻¹ em QP₁/PC. O grupo mais comum foi das Bacillariophyta e a espécie mais observada no PE foi *Nitzschia fasciculata* com 44,4% da amostra em QP₃. Enquanto em PT a espécie com maior densidade foi *Cyclotella stylorum* com 33,3% das amostras em QP₂. As maiores densidades foram observadas nos dois pontos com maior impacto antropogênico, representadas por QP₁ e QP₃.

Em relação ao período chuvoso, a espécie que contribuiu para os maiores valores de densidade celular foi a *Skeletonema costatum* com 64,2% e 89,1% das amostras em QP₁ e QP₃, respectivamente, sendo encontrada também por Melo-Magalhães (2009) em seu estudo nas áreas eutróficas nas lagoas Mudaú/manguaba, AL.

A diatomácea *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve é responsável por grandes florescimentos nesses ecossistemas, constituindo-se em uma microalga presente em vários estuários do mundo, em se tratando de uma espécie que pode resistir a amplas variações mostrando suportar diversas mudanças ambientais que os estuários apresentam (ROUND *et al.*, 1990). De acordo com Morozova; Orlova (2005), a *S. costatum* é indicadora da eutrofização da água, além de ser permanente componente do fitoplâncton.

Nas amostras biológicas do zooplâncton foram identificados 50 táxons, divididos em oito filos e nove classes, sendo o filo

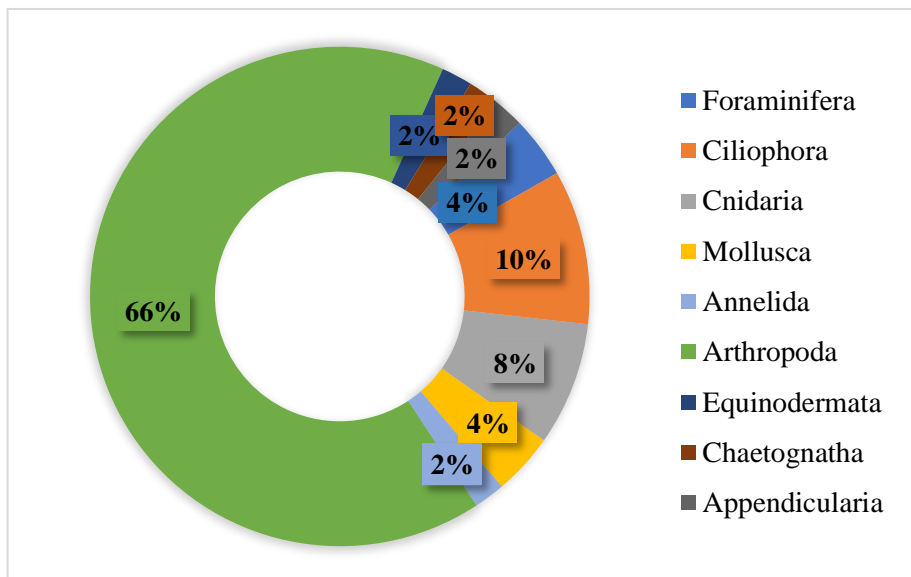
Arthropoda o mais representado qualitativamente pela classe Copepoda. De acordo com Amaral; Nalin (2011), a classe Copepoda pertence ao filo dos Arthropoda, grupo dos crustáceos, e é encontrado em praticamente todos os ambientes aquáticos e úmidos. Com comprimento podendo variar de 0,5 a 6,0 mm.

As espécies de vida livre geralmente são onívoras e predominantemente filtradoras, alimentando-se de fitoplâncton (DUARTE, 2016). Um dos componentes de maior abundância em amostras de plâncton é o grupo Copepoda (BRADFORD *et al.*, 1999), pequenos crustáceos, que podem viver em tanto ambiente estuarino quanto marinho, que se alimentam principalmente de fitoplâncton. São componentes da dieta de muitos animais aquáticos, constituindo um elo fundamental entre a produção primária e os níveis mais altos da teia trófica (MANN; LAZIER, 1991; BERASATEGUI *et al.*, 2005).

Os copépodes constituem uma parte considerável da alimentação de vários peixes com importância econômico-pesqueira como atuns, cavalas, dourados, anchoveta, sardinha, arenque e outros (BJÖRNBERG, 1981; CAMPOS; SUÁREZ, 1994).

A distribuição espacial é outro fator que confirma a predominância dos artrópodes (66%) da comunidade de zooplâncton durante todo o período de estudo confirmando a diversidade de espécies representativas no meio planctônico, seguido do filo Ciliophora representado por 10% das espécies identificadas, já os demais filios se apresentaram variando entre 2% - 4% (Figura 7).

Figura 7 – Distribuição percentual dos taxóons que compõem a comunidade zooplanctônica, identificados no estuário do rio Tibiri, MA.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A densidade da comunidade de zooplâncton, durante o PE, os indivíduos que apresentaram maior participação foram Nauplio de Haparticoida (11,389 a 44,735 org.m³), *Ammonia beccarii* (5,509 a 14,202 org.m³), Nauplio de Haparticoida (11,389 a 44,735 org.m³), em contrapartida, indivíduos como Gonoteca de Hydrozoa, Nauplio de Brachyura, Nauplio de Maxiópode (0,061 a 0,118 org.m³) apresentaram baixos valores de densidades no mesmo período.

Segundo Laakmann *et al.* (2013), os copépodes são os metazoários mais numerosos do zooplâncton marinho e desempenham um papel significativo no funcionamento do ecossistema pelágico. Portanto, eles têm sido o tema principal de

vários estudos ecológicos e biogeográficos, onde a identificação adequada das espécies é uma requisito fundamental.

De acordo com Lopes *et al.* (2006), a densidade e biomassa de zooplâncton será maior em uma determinada região quando for fortemente influenciada pelas variações temporais de acordo com os aportes de águas continentais e pela intrusão de água com concentrações variadas de nutrientes e organismos fitoplanctônicos, características da pluma estuarina, sendo sua direção na zona costeira relacionada com à direção dos ventos predominantes de cada estação do ano (SOUSA *et al.*, 2013).

Para as macroalgas dos manguezais de Quebra Pote foram identificados cinco táxons. O filo Rhodophyta foi o mais expressivo, tendo sido encontradas quatro espécies e apenas uma espécie do filo Chlorophyta (Tabela 2). O Filo Ochrophyta não foi encontrado na composição ficológica da área, visto que as algas pardas não são comuns do litoral maranhense, pois não possuem adaptações as condições ambientais com elevados graus de exposição ao ar atmosférico (SOUSA; CONCENTINO, 2004).

Tabela 2 – Espécies de macroalgas identificadas nos manguezais de Quebra-Pote, estuário do rio Tibiri, MA. (*) espécie presente; (-) espécie ausente.

| TÁXONS | | | PE | | PT | | PC | |
|---------------------|-------------------|-------------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| | | | QP 1 | QP 2 | QP1 | QP2 | QP1 | QP2 |
| Rhodophyta | | | | | | | | |
| <i>Bostrychia</i> | <i>radicans</i> | (Montagne) | * | * | * | * | * | * |
| Montagne | | | | | | | | |
| <i>Bostrychia</i> | <i>calliptera</i> | (Montagne) | * | * | * | * | * | * |
| Montagne | | | | | | | | |
| <i>Caloglossa</i> | <i>leprieurii</i> | (Montagne) | * | - | * | - | * | - |
| G.Martens | | | | | | | | |
| <i>Catenella</i> | <i>caespitosa</i> | (Whitering) | * | * | * | * | * | * |
| L.M.Irvine | | | | | | | | |
| Chlorophyta | | | | | | | | |
| <i>Rhizoclonium</i> | <i>africanum</i> | Kützing | - | - | * | - | * | - |

Fonte: Elaborada pelos autores.

A composição florística das macroalgas aderidas aos rizóforos no manguezal de Quebra-Pote é muito semelhante à comunidade de algas característica dos manguezais brasileiros, sendo descrita por vários autores (Dos Santos 2016; Cutrim *et al.* 2004; Zucarello *et al.* 2001; Oliveira 1984; Miranda *et al.* 1988), e apresentou um grande predomínio dos gêneros *Bostrychia*, *Catenella* e *Caloglossa* que também foram encontrados por Cutrim *et al.* (2004), no manguezal de Tauá Mirim, MA.

O único gênero de Chlorophyta observado em Quebra-Pote foi a *Rhizoclonium* presente em PT e PC e caracteriza-se por ser um indivíduo macroscópico que vive, quando jovem, preso a algum substrato por projeções rizoidais livres e depois, mais velho,

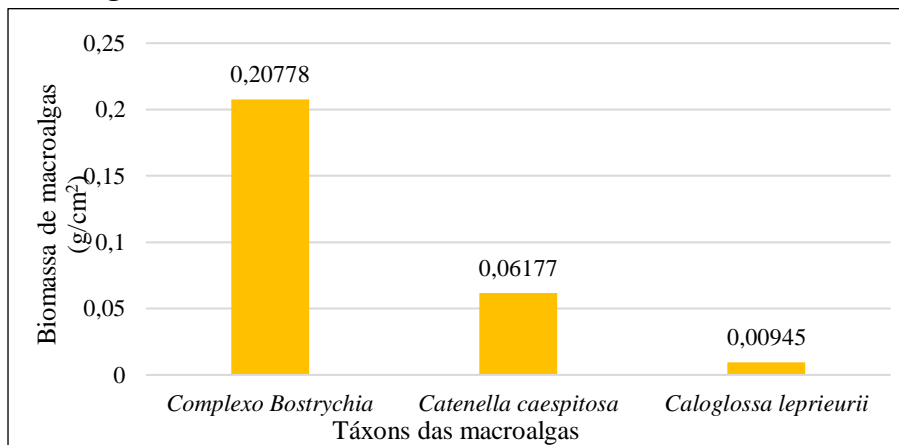
flutuando livremente na água (BICUDO, 2014). As algas do gênero *Rhizoclonium* também são conhecidas pela sua alta capacidade às variações físico-químicas, como salinidade e temperatura, o que pode explicar a presença dessas algas no manguezal. Isso pode ser observado em trabalhos como os de Fontes *et al.* (2017), Cutrim (1998), Santana (2016) e Lucena (2012). Hadlich (1984) ressalta que o gênero *Rhizoclonium* vive associado a algas do gênero *Bostrychia*, esse padrão pôde ser observado também neste estudo.

O gênero *Bostrychia* foi o mais numeroso dentre o Filo Rhodophyta, tendo sido encontradas as espécies *Bostrychia radicans* e *Bostrychia calliptera*. Estas apresentaram predominância, tendo sido as mais representativas dentre todas as outras analisadas. A dominância do gênero *Bostrychia*, deve-se a ampla adaptação dos seus representantes a variações nos parâmetros ambientais, como é o caso da salinidade, fato que explica a ocorrência deste gênero estar mais associado a regiões estuarinas (Yokoya *et al.*, 1999).

Quanto à biomassa das macroalgas constatou-se que as algas do Complexo *Bostrychia* apresentaram maiores valores de biomassa totalizando 0,20778 g.cm⁻², seguida de *Catenella caespitosa* e *Caloglossa leprieurii* (Figura 8). Esse estudo mostrou uma predominância de *B. radicans* e *B. calliptera* no período de estiagem, transição e chuvoso, apresentando maior biomassa na maioria das áreas, o que difere do estudo de Pinheiro (2016), que corrobora com

Mendonça (2016), que também encontrou maiores valores de biomassa com estas espécies.

Figura 8 – Biomassa total das espécies analisadas nos manguezais de Quebra-Pote, estuário do rio Tibiri, MA.



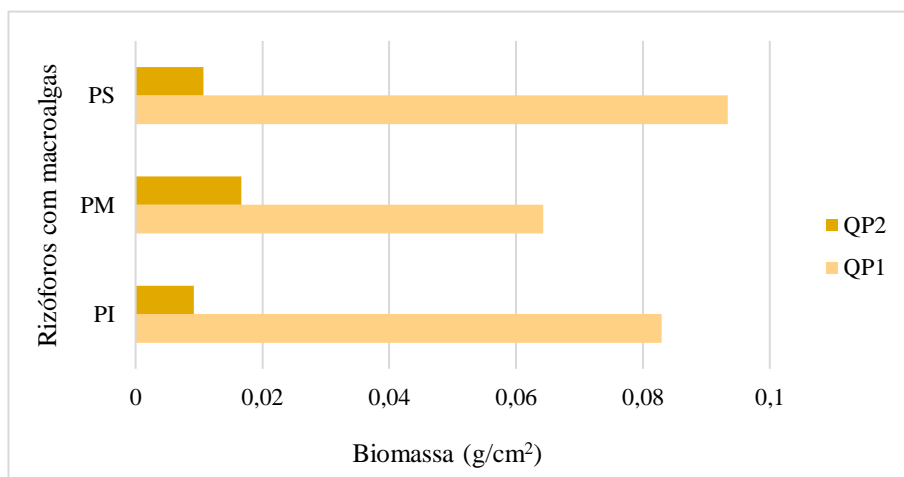
Fonte: Elaborado pelos autores.

Os rizóforos que serviram de substrato para as macroalgas apresentaram amplitude média da área ocupada pelas algas de 70 cm, valor semelhante ao encontrado por Cutrim *et al.* (2004) que constatarem uma amplitude média de 80 cm de macroalgas em áreas de manguezal no Maranhão. Isso se deve a alta amplitude de marés que ocorre no Golfão Maranhense, que permite que as macroalgas atinjam um nível de altura muito elevada sobre a superfície do rizóforo.

Os maiores valores de biomassa foram encontrados no QP1 com 0,24063 g.cm⁻² (Figura 9) quando comparados a QP2 (0,0383 g.cm⁻²). Um fator relevante para essa diferença é a presença da alga

Caloglossa leprieurii que foi encontrada somente no QP2. O período estacional com maior biomassa foi PC com 0,15640 seguido do PT com 0,6213 e de PC com 0,06040 g.cm⁻².

Figura 9 – Distribuição da biomassa das macroalgas ao longo dos rizóforos e diferenças entre pontos amostrais, nos manguezais de Quebra-Pote, MA.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao longo do rizóforo as algas se distribuíram de maneiras diferentes ao longo dos pontos amostrais. Em QP1 a maior biomassa esteve representada na parte superior do rizóforo (PS), porção mais acima, que necessariamente fica mais tempo fora da água, mais exposta ao ar, chuva e sol. Já em QP2 as macroalgas apresentaram uma distribuição mais uniforme, onde a predominância esteve na parte média do rizóforo (PM), intermediária, onde o rizóforo fica menos exposto.

CONCLUSÕES

As variáveis físico-químicas do estuário do rio Tibiri, povoado de Quebra-Pote, MA, demonstram ser de uma área tipicamente tropical e estuarina com forte influência do mar, com florescimento de manguezais.

O fitoplâncton esteve constituído, em sua maioria por diatomáceas, correspondendo a 86% do total de táxons identificados. Os níveis de clorofila-a apontaram valores elevados, indicando que há uma grande quantidade de matéria orgânica no ecossistema disponível para consumo pelas microalgas que compõem o plâncton.

A densidade fitoplanctônica apresentou variações temporais, sendo maior no período chuvoso, o número de células aumentou durante o período chuvoso, devido aos nutrientes carregados pelas chuvas para dentro do estuário, favorecendo a reprodução das microalgas.

O zooplâncton foi representado por 50 táxons, sendo o filo Arthropoda o mais representativo (66%), qualitativamente, pela classe Copepoda pelo fato de possuir um grande número de representantes em diversos ambientes.

A comunidade de macroalgas nos manguezais de Quebra-Pote esteve representada pelo filo Rhodophyta (algas vermelhas), tendo sido encontrado apenas um representante do filo Chlorophyta (algas verdes), sendo as *Bostrychia* encontradas em abundância nos rizóforos. As algas encontradas foram típicas dos ambientes de

manguezais, sugerindo que o ambiente esteja pouco impactado, portanto, favorável ao desenvolvimento e estabelecimento do fitobênton.

A biomassa das macroalgas esteve representada pelas algas do Complexo *Bostrychia*, que apresentaram maiores valores em relação a área ocupada nos rizóforos. Sendo o QP₁ e PC, o maior detentor da biomassa, neste estudo, se mostrando uma área onde as macroalgas estiveram em maior abundância.

REFERÊNCIAS

AMARAL, A. C. Z.; NALLIN, S. A. H. **Biodiversidade e ecossistemas bentônicos marinhos do Litoral Norte de São Paulo, Sudeste do Brasil**. Campinas, SP: UNICAMP/IB, 2011.

AZEVEDO-CUTRIM, A. C. G. de. **Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônicas no Golfão Maranhense – Brasil**. Tese (Doutorado em Oceanografia) – Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2008. p. 147.

AZEVEDO-CUTRIM, A.C.G.; FEITOSA, F. A. N.; KOENING, M. L. Distribuição espacial e temporal da biomassa fitoplanctônica e variáveis ambientais no Golfão Maranhense, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, V. 22, n. 3, p. 870-877, 2008.

BARBOSA, I. C. C; MULLER, R. C. S.; ALVES, C. N.; BERRÊDO, J. F., FILHO, P. W. M. S. Composição química de Sedimento de Manguezal do estuário Bragantino/PA- Brasil. **Revista virtual de Química**, v.7, n.4, p. 1087-1101, 2015.

BERASATEGUI, A.D., RAMÍREZ, F.C.; SCHIARITI, A. Patterns in diversity and community structure of epipelagic copepods from the Brazil–Malvinas Confluence area, south-western Atlantic. **Journal of Marine Systems**, 2005, 56, 309 – 316.

BERRÊDO, J. F.; COSTA, M. L.; PROGÈNE, M. P. S. Efeitos das variações sazonais do clima tropical úmido sobre as águas e sedimentos de manguezais de estuário do rio Marapanim, costa nordeste do Estado do Pará. **Acta Amazônica**, v. 38, n.3, p. 473-482, 2008.

BICUDO, C. E. de M. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. Algas, 38: Chlorophyceae (Tetrasporales e Siphonocladales). **Hoehnea**, São Paulo, v. 41, n. 3, p. 337-343, Sept. 2014 .

BJÖRNBERG, T.S.K. Copepoda. In: Boltovskoy, D. (ed.). **Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino**. Publ. Esp. INIDEP, Mar del Plata, Argentina, 1981. pp. 587-680.

BRADFORD, J. M.; MARKHASEVA, E. L.; ROCHA, C. E. F.; ABIAHY, B. **Copepoda**. In: Boltovskoy, D. 1999. South Atlantic Zooplankton. 860-1098p. 1999.

BRASIL. **RESOLUÇÃO CONAMA N° 357 de 17.03.05**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Publicado no DOU nº 53, de 18.03.2005, págs. 58-63.

BRUGNOLI-OLIVERA, E.; MORALES-RAMÍREZ, A. Trophic planktonic dynamics in a tropical estuary, Gulf of Nicoya, Pacific coast of Costa Rica during El Niño 1997 event. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**. V. 43, n. 1, p. 75-89, 2008.

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE,
ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

BUGS, L.C; CUPERTINI, P. M.; WOLF, T. C.; TREICHEL, H. Uso da Biomassa de Algas como Biossorvente para remoção de Metais Pesados: Uma Revisão. **Revista CIATEC –UPF**, vol.10 (1), p.p.53-67, 2018.

CAMPOS, A.; SUÁREZ, E. **Copépodos pelágicos del Golfo de México y Mar Caribe. I. Biología y sistemática**. Centro de Investigaciones de Quintana Roo (CIQRO), México, 1994. 353 p.

CARVALHO, R. C. Q. **Descritores ambientais da qualidade de água e comunidade fitoplanctônica da baía de São José, Maranhão- Brasil**. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica) Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, 2018.

CAVALCANTI, L. F.; CUTRIM, M. V. J; LOURENÇO, C. B.; SÁ, A. K. D. S., OLIVEIRA, A. L. L.; AZEVEDO-CUTRIM, A. C. G. Patterns of phytoplankton structure in response to environmental gradients in a macrotidal estuary of the Equatorial Margin (Atlantic coast Brasil). **Estuarine, Coastal and shelf Science**, v. 245, p. 2020.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **L.5.304: Zooplâncton de água doce: métodos qualitativo e quantitativo**, p. 13. 2012.

CETESB. **Mortandade de Peixes**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-fisicas-e-quimicas/ph/>. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo. 2021.

CONCEIÇÃO, C. A. F. **Avaliação físico-química e bacteriológica dos pontos de recarga de aquíferos na estação ecológica do sitio do rangedor em São Luís, Maranhão**. 69f. Monografia (Graduação em Tecnólogo em Gestão Ambiental) – Faculdade Santa Terezinha, São Luís, 2013.

CORDEIRO-MARINO, M. Rodófitas bentônicas marinhas do Estado de Santa Catarina. Secretaria de estado dos negócios da agricultura coordenadoria da pesquisa de recursos naturais. Instituto de Botânica. Arquivos de Botânica do Estado de São Paulo – Série criptogâmica. **Rickia**, 7: 1- 243. 1978.

CUTRIM M. V. J, SILVA E. F., AZEVEDO A. C. G. Distribuição vertical das macroalgas aderidas em rizóforos de *Rhizophora mangle* Linnaeus nos manguezais de Parna-Açu e Tauá-Mirim (Ilha de São Luís/MA-Brasil). **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia** 17: 9-18. 2004.

CUTRIM, M. V. J. **Distribuição espaço-temporal de macroalgas em tronco e pneumatóforos de *Avicennia germinans* L. Stearn em duas áreas de mangues da Ilha de São Luís.** Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, 1998. 246 p.

DAMAZIO, E.; FERREIRA-CORREIA, M. M.; MEDEIROS, T. C. C. Golfo do Maranhão: levantamento bibliográfico sobre oceanografia, biologia marinha e ecologia marinha. **Cad. Pesq. São Luís**, v. 5, n. 2, p. 41-86, 1989.

DANTAS-SILVA, L. T.; DANTAS, Ê. W. Zooplâncton (Rotifera, Cladocera e Copepoda) e a eutrofização em reservatórios do Nordeste Brasileiro. **Oecologia Australis**. v. 17, n. 2, p. 53-58, junho 2013.

DOS SANTOS, N. H. S. **Estrutura de comunidades de macroalgas ao longo do gradiente salino no manguezal do estuário do rio são mateus-es.** Dissertação, Universidade Federal do Espírito Santo, 2016.

DUARTE, M. A. **Ciclo de vida e dinâmica populacional de espécies nativas de Copepoda Cyclopoida em cultivos de laboratório.** Dissertação. Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais. UFSC. São Carlos, 2016.

ELLIOTT, M; WHITFIELD, A.K. Ecosystem and Biotic Classifications of Estuaries and Coasts. In: WOLANSKI, E.; MCLUSKY, D.S. (Eds). **Treatise on Estuarine & Coastal Science**, Waltham: Academic Press, 2011. cap. 1.07. p.99-124.

FERRARIO, M.; SARS, E.; SALA, S. Metodologia básica para el estudio de fitoplancton com especial referência a las diatomáceas. In: ALVEAR, K.; FERRARIO, M. E.; OLIVEIRA FILHO, E. C.; SARS, E. (Eds.). **Manual de métodos ficológicos**. Chile: Universidad de Concepción, 1995. p. 1-24.

FONTES, K. A. A.; LISBOA, A. T.; CASTRO, R. D. S.. Macroalgas aderidas em pneumatóforos de *Avicennia germinans* (L.) Stearn na praia de Boa Viagem, São José de Ribamar–Maranhão. **Acta Tecnológica**, v. 11, n. 1, p. 33-45, 2017.

FURTADO, J. G. C. **Caracterização hidroquímica de uma região estuarina com potencial à maricultura no povoado de Anajatuba/Quebra Pote (Baía do Arraial, São Luís- MA)**. Monografia de Graduação, Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Maranhão, p. 60, São Luís, 2001.

GORSKY, G.; OHMAN, M.D.; PICHERAL, M. Digital zooplankton image analysis using the ZooScan integrated analysis system. **Journal of Plankton Research**, v. 32, n. 3, p. 285-303, 2010. ISSN 0142-7873.

HADLICH R. M. **Contribuição ao levantamento taxonômico das algas marinhas bentônicas do mangue de Itacorubi – Florianópolis – Ilha de Santa Catarina – Brasil**. *Insula* 14: 121- 138. 1984.

LAACKMANN, S. et al. Comparação da identificação de espécies moleculares para copépodes Nortes calanóides (Crustacea) usando impressões digitais de proteoma e sequências de DNA. **Recursos de ecologia molecular**, v. 13, n. 5, pág. 862-876, 2013.

LOPES, R.M. et al. Zooplankton and ichthyoplankton distribution on the Southern Brazilian shelf: an overview. **Sci. Mar.**, Barcelona, v. 70, n. 2, p. 189-202, 2006.

LUCENA, L. A. F. **Estrutura e composição de macroalgas de manguezais hipersalinos do Rio Grande do Norte, Brasil: diversidade e suas correlações com as variáveis ambientais.** Dissertação de Mestrado em Ecologia e Conservação – Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2012.

MANN, K.H.; LAZIER, J.R.N. **Dynamics of Marine Ecosystems: biological–physical interactions in the oceans.** Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1991. 563 p.

MARTINELLI FILHO, J. E. **Variação temporal e crescimento do zooplâncton no litoral norte de São Paulo, com ênfase em estágios imaturos de copépodes.** Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2013. 261p.

MASCARENHAS, G. L.; CUNHA, M. C. C.; MARTINS, L. R.; FERREIRA, J. T.; LOPES, D. V. Caracterização do fitoplâncton das bacias do rio São Francisco, Moxotó e Paraíba, inseridas no projeto de integração do rio São Francisco. **Revista Brasileira de Geografia Física.** V. 6, n.5, p. 1050-1068, 2013.

MELO-MAGALHÃES, E. M., MEDEIROS, P. R. P., LIRA, M. C. A., KOENING, M. L., & MOURA, A. N. Determinação de áreas eutróficas nas lagoas Mundaú e Manguaba, Alagoas-Brasil, através de estudos com a comunidade fitoplanctônica. **Brazilian Journal of Biology,** v. 69, n. 2, p. 271-280, 2009.

MENDONÇA, I. R. W. **Variação espacial da biomassa e composição do Bostrychietum em um estuário subtropical.** 2016.

MIRANDA P. T. C., GURGEL F. F. G., LIBERATO M. A. F., OLIVEIRA M. T., ARRUDA T. L. B. Comunidades bentônicas em raízes de *Rhizophora mangle* L., no manguezal do rio Ceará Ceará – Brasil. **Arquivo de Ciências do Mar** 27: 101-110. 1988.

MOROZOVA, T. V., ORLOVA, T. Y. Monitoring of Phytoplankton in the Area of a Sea Farm in Vostok Bay (Sea of Japan). **Journal of plankton research**. V. 25, n.10, p. 1227-1235, 2005.

NASSAR, C. **Macroalgas marinhas do Brasil: Guia de campo das principais espécies**. 1 ed. Rio de Janeiro: Technical Books, 2012.178p.

OLIVEIRA C. E. 1984. Brazilian mangal vegetation with special emphasis on the seaweeds, p. 55- 65. In: Por, F.D. & Dor, I. (eds), **Hydrobiology of the Mangal**. Dr. W. Junk Publishers, The Hague. 1984.

PEREIRA, R. T. de O. **Estudos sobre a fauna planctônica de um complexo estuarino no litoral norte de Pernambuco: Estado da arte e perspectivas**. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas). Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE. Recife, 2019. p. 29.

PINHEIRO, V. S.; MACHADO. G. E. M.; SILVA, R. B. N.; MARINHO, C.; FRANCELINO, I. S. Flora ficológica do manguezal de Itacuruça/RJ. **Semioses**, v. 10, n. 3, p. 62-68, 2016.

PINTO-COELHO, R. M. Métodos de coleta, preservação, contagem e determinação de biomassa em zooplâncton de água epicontinentais. In: C. E. Bicudo, & D. d. Bicudo, **Amostragem em Limnologia** (2 ed., p. 371). São Carlos: RiMa, 2007.

ROUND, F. E.; CRAWFORD, R. M.; MANN, D. G. **The diatoms biology and morphology of the genera**. Cambridge: University press, 747p., 1990.

SANTANA, L. C. **Macroalgas aderidas em pneumatóforos de manguezais da baía de São José, MA, Brasil.** Luciana Coutinho Santana, 2016. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2016. 58 p.

SANTOS, A. K. D.; OLIVEIRA, A. L. L.; FURTADO, J. A.; FERREIRA, F. S.; ARAÚJO, B. O.; CORRÊA, J. J. M; CAVALCANTI, L. F.; AZEVEDO-CUTRIM, A. C. G., CUTRIM, M. V. J. Spatial and seasonal variation of microphytoplankton community and the correlation with environmental parameters in a hypereutrophic tropical estuary – Maranhão - Brasil. **Brazilian journal of Oceanography**, v. 65, p. 356-372, 2017.

SILVA, D. de J.; CONCEIÇÃO, G. M. da. Rio Itapecuru: Caracterização Geoambiental e Socioambiental, Município de Caxias, Maranhão, Brasil. **Scientia plena**, 2011.

SOUSA, M. C. F. de. et al. Effect of Minho estuarine plume on Rias Baixa: numerical modeling approach. **Journal of Coastal Research**. v. 65, p. 2059-2064, Fort Lauderdale, 2013.

SOUZA, G. S. DE; COCENTINO, A. DE L. M. Macroalgas como indicadores da qualidade ambiental da praia de Piedade – PE. **Tropical Oceanography**, Recife, v. 32, n. 1, p. 1-22, 2004.

STRICKLAND, J. D.; PARSONS, T. S. A practical handbook of sea water analysis. **Bulletin Fisheries Research Board of Canada**, Ottawa, v. 167, 2nd. ed., p. 1-205, 1963.

YOKOYA, N. S., PLASTINO, E. M., BRAGA, M., ROSÁRIO, A., FUJII, M. T., CORDEIRO- -MARINO, M. & HARARI, J. Temporal And Spatial Variations In The Structure Of Macroalgal Communities Associated With Mangrove Trees Of Ilha Do Cardoso, São Paulo State, Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 22, n. 2, p. 195-204, 1999.

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE,
ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

ZUCARELLO C. G., YEATES P, WRIGHT T. J., BARTLETT J.
Population structure and physiological differentiation of haplotypes
of *Caloglossa leprieurii* (Rhodophyta) in a mangrove intertidal zone.
Journal Phycology 37: 235 - 244. 2001

**ESTUDO TAXONÔMICO DE ODINIIDEOS (DIPTERA,
ODINIIDAE) DAS MESSOREGIÕES OESTE E LESTE
MARANHENSES**

Inezita Cantanhede Lima Neta¹

Alice Tôrres²

Francisco Limeira-de-Oliveira³

INTRODUÇÃO

Odiniidae são moscas pequenas e robustas caracterizadas pela presença de cerdas fortes, principalmente na cabeça e no tórax, cujo corpo varia 2,5 a 6 mm de comprimento (LIMEIRA-DE-OLIVEIRA *et al.*, 2020a). A coloração varia entre o cinza, amarelada, amarronzada ou preta; as asas são usualmente hialinas ou mesmo maculadas de escuro; cabeça mais larga que longa; fronte geralmente tão larga quanto longa em ambos os sexos; cerdas pós-ocelares divergentes ou ausentes; cerdas verticais internas geralmente mais fortes que as externas, vibrissa oral forte, cerdas adjacentes diminuem progressivamente de tamanho (GAIMARI, 2010).

Odiniidae forma um grupo monofilético dentro da suprafamília Agromyzoinea junto com Agromyzidae + Fergusoninidae; esta suprafamília é suportado por várias

¹ Mestranda, Universidade Federal do Paraná, Laboratório de Biodiversidade e Biogeografia de Diptera, Curitiba, Paraná, Brasil. cantanhedeinezita@ufpr.br;

² Doutoranda do PPG BioNorte, CoE-Maranhão, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Coleção Zoológica do Maranhão (CZMA), Laboratório de Estudos dos Invertebrados (LEI), 65604-380, Caxias, Maranhão, Brasil. aalicetorres@gmail.com;

³ Doutor, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Coleção Zoológica do Maranhão (CZMA), Laboratório de Estudos dos Invertebrados (LEI), 65604-380, Caxias, Maranhão, Brasil. limeiraf@gmail.com.

sinapomorfias em relação à percepção plano básico de acaliptrato 7 (MCALPINE, 1989), incluindo os espiráculos anteriores posicionados mais dorsalmente nas larvas. A família Odiniidae foi originalmente incluída em Agromyzidae e por um longo tempo foi tratada como subfamília; posteriormente teve seu “status” elevado à família por (HENDEL, 1922).

Esta família de insetos é pouco conhecida, no entanto, ocorre em todas as Regiões Zoogeógrafas, incluindo a Austrália. A família possui 79 espécies catalogadas em 18 gêneros e duas subfamílias Odiniinae e Traginopinae. Na Região Neotropical, os mesmos estão distribuídos em 12 gêneros e 37 espécies, destes, nove gêneros e 24 espécies ocorrem no Brasil (LIMEIRA-DE-OLIVEIRA *et al.*, 2020b; TÔRRES *et al.*, 2021). Os imaturos dos odiniídeos são poucos conhecidos e, do pouco que se conhece, estão associados a árvores infestadas por besouros, tendo em seu histórico de vida, hábito alimentar de saprofagia à predação. Os adultos estão diretamente ligados a árvores com a presença de insetos, fungos ou seiva exsudativa (GAIMARI, 2010).

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho, em parte, foi desenvolvido com espécimes do acervo da Coleção Zoológica do Maranhão (CZMA) da Universidade Estadual do Maranhão, *Campus Caxias*, o qual é originário das mesorregiões Oeste e Leste maranhenses, assim como espécimes

resultantes de coletas realizadas em ambas as regiões, mais especificamente nos municípios de Cândido Mendes e Caxias.

Os pontos de coletas estão entre a latitude $1^{\circ}52'06''S$, longitude $45^{\circ}45'59.7''W$. Nessa fazenda, a vegetação predominante é do tipo Floresta Ombrófila, com características ecológicas que marcam a região Florestal da Amazônica maranhense. Trata-se da floresta de dossel mais alto, denso e fechado, com clima úmido do estado do Maranhão. Possui temperatura média anual de $25^{\circ}C$ a $27^{\circ}C$; área com umidade relativa do ar anual de 76% a 79%, com totais pluviométricos anuais entre 1200 e 2000 mm (GEPLAN/LABGEO, 2002).

As coletas foram realizadas na Reserva Ecológica do Inhamum - REI, município de Caxias. A reserva possui uma área de aproximadamente 3.560 hectares, localizada entre as coordenadas $04^{\circ}53'22''S$, $43^{\circ}24'53''W$, à margem direita da BR-316 a aproximadamente 4 Km do perímetro urbano, sendo esta cortada verticalmente pela MA-124 que liga Caxias a São João do Sóter, MA-124 corta o riacho do Inhamum a aproximadamente 3 Km de suas nascentes (SOUSA, 2006).

O material biológico coletado foi acondicionado em embalagens adequadas para este fim e, em seguida, transportados ao Laboratório de Estudos dos Invertebrados (LEI) localizado na Universidade Estadual do Maranhão, *Campus* Caxias. Ao chegar ao laboratório, as amostras foram triadas (separadas), em seguida os

espécimes foram submetidos a protocolo de desidratação, como segue: *i*) os espécimes foram retirados do álcool absoluto e colocados sobre papel toalha para a retirada do excesso de líquido; *ii*) logo após, foram dispostos em placa de petri e submergidos em óleo de banana (Acetato de Amila); *iii*) a placa de petri contendo as amostras foi levada à estufa bacteriológica, previamente aquecida a 60°C para desidratar as amostras. Posteriormente, os espécimes foram montados em triângulos de papel (montagem indireta) e, em seguida receberam etiquetas definitivas com dados de campo (local, coordenadas geográficas, método de captura, data e nome(s) do(s) coletor(es)).

Os espécimes analisados estão conservados a seco (montadas em alfinetes entomológicos) e/ou em mantas entomológicas; foram separados em nível genérico e, em seguida, em nível específico. As identificações foram feitas mediante o uso de chave dicotômica específica para o grupo GAIMARI (2007, 2010), GAIMARI & MATHIS (2011), LIMEIRA-DE-OLIVEIRA *et al.* (2017, 2020a, b) e TÔRRES *et al.* (2021), com auxílio de estereomicroscópio com aumento de até 50X.

Foram examinados 286 espécimes de 8 espécies identificadas, estas distribuídas em cinco gêneros: *Helgreelia* (3 sp. nov.), *Neotraginops* (1 sp.), *Odinia* (2 sp. nov.), *Paratraginops* (2) e *Schildomyia. reticulata*, conforme tabela.

Quadro 1 - Gêneros e espécies de odiniídeos coletados nas mesorregiões Oeste e Leste maranhenses, depositados no acervo da CZMA.

| Gêneros | Espécies | Sexo | | Total |
|---------------------------------------|--|------|-----|-------|
| | | M | F | |
| <i>Helgreelia</i> Gaimari, 2007 | <i>Helgreelia</i> sp.nov.1 | 43 | - | 43 |
| | <i>Helgreelia</i> sp.nov.2 | 31 | - | 31 |
| | <i>Helgreelia</i> sp.nov.3 | 31 | - | 31 |
| <i>Neotraginops</i> Prado, 1973 | <i>Neotraginops</i> sp. | - | 1 | 1 |
| <i>Odinia</i> Robineau-Desvoidy, 1830 | <i>Odinia</i> sp. nov. 1 | - | 1 | 1 |
| | <i>Odinia</i> sp. nov. 2 | - | 1 | 1 |
| <i>Paratraginops</i> Hendel, 1917 | <i>Paratraginops pilicornis</i> (Cresson,1912) | 1 | 1 | 2 |
| <i>Schildomyia</i> Malloch, 1926 | <i>Schildomyia reticulata</i> Prado, 1973 | 66 | 110 | 176 |
| Total | | 172 | 114 | 286 |

Fonte: Elaboração própria.

O gênero *Helgreelia* possui três espécies descritas, duas para a Costa Rica e uma para o Brasil (GAIMARI, 2007; CARVALHO-FILHO *et al.*, 2009). Foram identificadas neste estudo três espécies novas deste gênero no material coletado, no entanto, os dados contidos no quadro acima são em relação a quantidade de machos, não apresentando a quantidade de fêmeas para este gênero. Através das coletas realizadas, observou-se a grande ocorrência do gênero para o estado do Maranhão, possuindo mais de 600 espécimes coletados, podendo aumentar a quantidade de espécies novas para o gênero.

Os gêneros *Neotraginops* e *Paratraginops* possuem registros para o Brasil. *Neotraginops* é conhecido de apenas duas espécies *N. clathratus* Hendel, 1909 e *N. mexicanus* Hernández-Ortiz & Dzul-Cauich, 2014 Hernández-Ortiz & Dzul-Cauich, 2014 esta conhecida apenas para o México. *Paratraginops* possui três espécies descritas,

duas destas, ocorrem no Brasil, *P. pilicornis* (Cresson, 1912), com registros nos estados de Mato Grosso e São Paulo, e *P. plaumanni* Shewell, 1960 com registros nos estados do Espírito Santo, Goiás, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Santa Catarina, São Paulo; a terceira espécie do gênero, *P. ruwenzoricus* Cogan, 1980 é registrada apenas de Uganda na África (GAIMARI & MATHIS, 2011). Neste estudo, ambos os gêneros foram catalogados para os biomas Amazônia e Cerrado, e esses registros parecem constituir-se em novos registros para a ciência, “*status*” taxonômico estes que posteriormente serão confirmados.

Odinia é um gênero cosmopolita, com apenas duas espécies identificadas para o Brasil, *Odinia brevitibia* Shewell 1960 e *Odinia surumuana* Prado, 1973; a primeira com registros para os estados do Pará, Roraima e a segunda é conhecida apenas da localidade tipo no estado de Roraima. Os espécimes coligidos e analisados neste estudo, representam duas novas espécies para a ciência.

Caracterização das espécies

Helgreelia Gaimari, 2007

(Figuras 1A-F)

Diagnose: Pós-crânio ligeiramente fortemente côncavo. Cerdas pós-ocelares ausentes. Fronte com 3 cerdas fronto-orbitais, dois pares posteriores reclinados, par anterior inclinado. Lúnula alta, mais alta que o comprimento da fronte e amplamente arqueada.

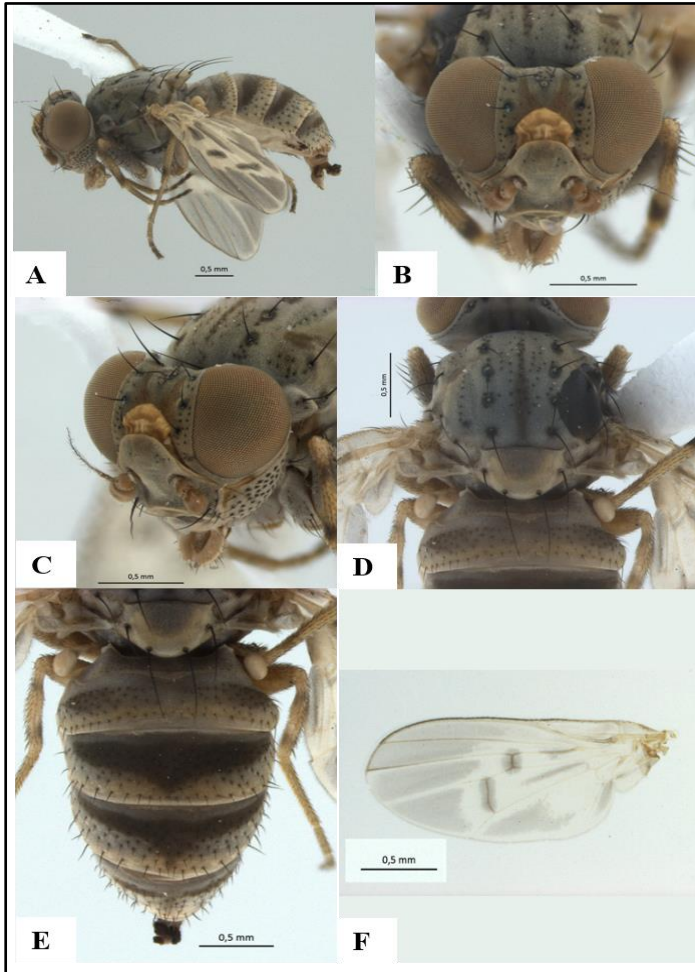
Antenas separadas por aproximadamente 2X o diâmetro do soquete antenal. Palpos predominantemente amarelo-alaranjados, alargando-se em direção a extremidade distal. Tórax com 1+3 cerdas dorsocentrais; Escutelo arqueado, geralmente com uma a duas cerdas curtas, atrás da primeira cerda escutelar. cerdas pré-escutelares ausentes. Pré-escutelo ausente. Asa similar à *Helgreelia*, exceto pela venação normal. Veia M_1 distintamente mais fraca após a **dm-cu** em direção a margem da asa. Epândrio globoso. 1 par de surstilos.

Material Examinado: Brasil (Maranhão), Caxias, Res.[=Reserva] Ecológica do Inhamum, Ramal Sumidouro do Padre, 04°53'22"S, 43°24'59"W, PET (Vinagre V. [=Vinho] Tinto + Etanol), baixa (2 mts), 01-15.ii.2020, F. Limeira-de-Oliveira, A. Tôrres, D. Limeira & I. Cantanhede, cols.[=coletores] (7♂/35♀, CZMA); *idem*, PET (Vinagre V. [=Vinho] + Fermento Biológico + Etanol), alta (20 mts), 23-30.xi.2019, F. Limeira-de-Oliveira, A. Tôrres & I. Cantanhede, cols [=coletores] (4♂/8♀, CZMA); *idem*, 01-07.xii.2019, (1♀, CZMA); *idem*, 07-14.xii.2019 (4♂/13♀, CZMA); *idem*, PET (Vinagre V. [=Vinho] Tinto + Ferm. [=Fermento] Bio. [=Biológico] + Etanol), 20 mts, 14-20.xii.2019, F. Limeira-de-Oliveira, J. C. Oliveira, J. M. Oliveira & I. Cantanhede, cols. [=coletores] (26♂/55♀, CZMA); *idem*, PET (Vinagre V. [=Vinho] Tinto + Etanol), 20 mts, 20-27.xii.2019, F. Limeira-de-Oliveira, A. Tôrres, J. C. Oliveira, J. M. Oliveira & I. Cantanhede, cols. [=coletores] (19♂/37♀, CZMA); *idem*, 27-xii.2019-

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE,
ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

02.i.2020, F. Limeira-de-Oliveira, A. Tôrres & I. Cantanhede, cols
[=coletores] (25♂/22♀, CZMA); *idem*, alta (20 mts), 02-09.i.2020, F.
Limeira-de-Oliveira & A. Tôrres, cols.[=coletores] (21♂/30♀, CZMA);
idem, 09-16.i.2020, F. Limeira-de-Oliveira, A. Tôrres & I. Cantanhede,
cols [=coletores] (11♂/14♀, CZMA); *idem*, 16-23.i.2020, (24♂/28♀,
CZMA); *idem*, 01-15.ii.2020, F. Limeira-de-Oliveira, A. Tôrres, D.
Limeira & I. Cantanhede, cols.[=coletores] (8♂/36♀, CZMA); *idem*, 15-
29.ii.2020, (35♂/54♀, CZMA); *idem*, 01-15.iii.2020, (22♂/22♀, CZMA);
idem, 15-31.iii.2020, (2♂/6♀, CZMA); *idem*, 01- 21 15.iv.2020, (49♂/35♀,
CZMA); *idem*, 15-30.iv.2020 (11♂/6♀, CZMA); *idem*, 01-15.v.2020,
(1♂/11♀, CZMA); *idem*, 01-15.vi.2020 (10♀, CZMA); *idem*, 15-30.vi.2020
(2♀, CZMA); *idem*, 01-15.vii.2020 (1♂/1♀, CZMA); *idem*, 15-31.vii.2020
(7♂/9♀, CZMA).

Figuras 1A-F. *Helgreelia* spp. ♂: A) *habitus* (vl); B) frente (va); C) perfil (vl); D) tórax (vd); E) abdômen (vd) e F) asa (vd). * vl, vista lateral; va, vista anterior, vd, vista dorsal.



Fonte: Elaboração própria.

Neotraginops Prado, 1973

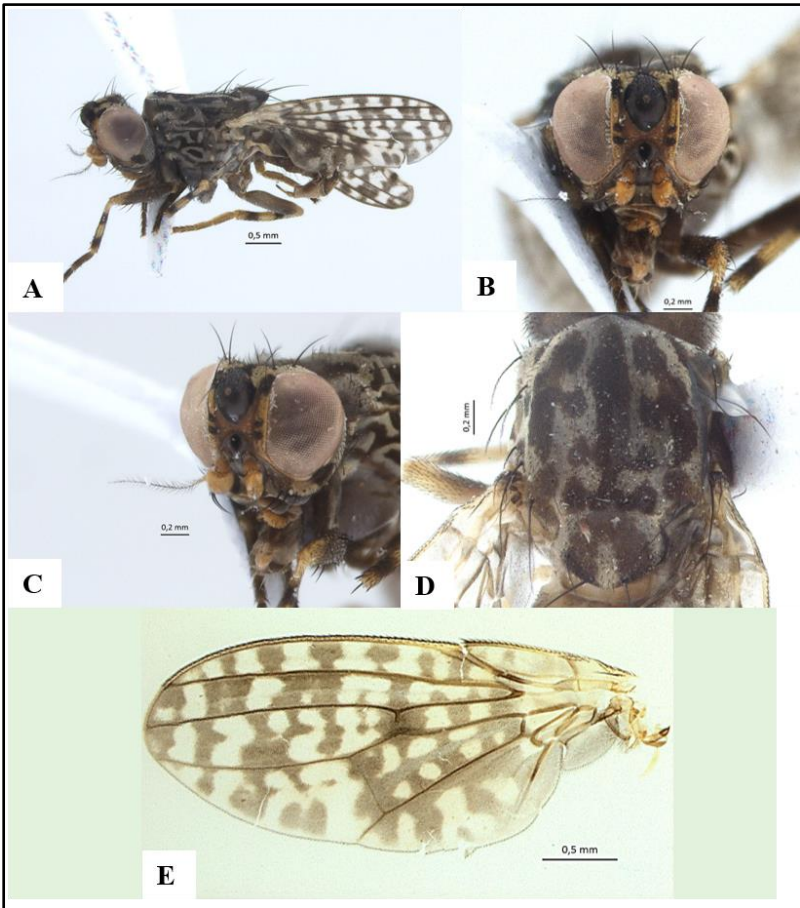
(Figuras 2A-F)

Diagnose: Cabeça com grande tubérculo arredondado na região ocular (semelhante a *Traginops* e *Paratraginops*, Hendl),

coberto por setulas escuras estendendo-se até as cerdas verticais internas; antena curta com terceiro segmento antenal arredondado apicalmente, arista pubescente; vibrissa oral e cerdas sub-vibrissais presentes; cerdas oclares longas; 3 pares de cerdas fronto-orbitais presentes, a cerda mais anterior inclinada e as cerdas posteriores reclinadas; 1 cerda vertical interna e 1 cerda vertical externa. Quetotaxia do tórax da seguinte forma: 1 pós-pronotal, geralmente margeada por duas cerdas curtas; 2 notopleurais, 1 supra-alar pré-sutural, 2 supra-alar pós-suturais (par anterior fraco), 2 pós alar, 1 intra pós-alar, 4 dorsocentrais (par anterior pré-sutural e três pós-sutural), 1 acrostical, 2 propleurais, 3 catepisternais e 2 escutelares. Asa com veia subcostal quase completa, evanescente distalmente separada de **R**₁; crossvein **r-m** localizado no terço apical da célula discal; veias **R**₄₊₅ e **M**₁ quase retas, sub-paralelas; veia anal longa, quase alcançando a margem posterior da asa; veia **dm-cu** reta; pernas com fêmures fortes; uma cerda dorsal curta pré-apical presente em todas as tíbias, e uma cerda ventral apical no meio da tíbia duas vezes mais longa que a cerda dorsal pré-apical.

Material Examinado: Brasil (MA) [=Maranhão], C. [=Cândido] Mendes, Fazenda 7 Irmãos, 01°52'06"S, 45°45'59.7"W, PET (Vinagre V. [=Vinho] Tinto + Ferm. [=Fermento] Biológico) 30m, 01-05.xi.2019, F. Limeira-de-Oliveira, A. Tôrres, D. Limeira & I. Cantanhede, cols.[=coletores] (1♀, CZMA).

Figuras 2A-E. *Neotraginops* sp. ♂: A) habitus (vl); B) fronte (va); C) perfil (vl); D) tórax (vd); E) asa (vd).



Fonte: Elaboração própria.

Odinia Robineau-Desvoidy, 1830

Diagnose: Abdômen cheio de manchas acastanhadas ou enegrecidas. Veias alar mais ou menos enfuscada. Fronte com três cerdas fronto-orbitais fortes, as duas superiores reclinadas e a inferior proclinada, parafacialia frequentemente cerdosa, cerdas verticais divergentes. Tórax com cinco pares de cerdas dorsocentrais,

mesopleura glabra. Abdômen com cinco segmentos pré-hipopigiais distintos. Asas com apenas uma “fratura” costal, próximo ao final da veia, célula anal e veia anal distintas. Perna posterior extremamente robusta.

Odinia sp. nov. 1

(Figuras 3A-F)

Diagnose: Predominantemente cinza. Fronte com três cerdas fronto-orbitais, a primeira e segunda mais próximas entre si, e a terceira mais longe. Antena com pós-pedicelo amarelado com uma macha horizontal marrom; arista glabra. Tórax com 1+4 cerdas dorsocentrais, um par de acrosticais; pré-escutelo cinza e sem cerdas; escutelo presente, apenas com as cerdas macro-escutelares. Abdome bastante cerdoso, com duas manchas amarronzadas centrais no tergito 3, 4 e 5. Asa reticulada, veia **CuA+ CuP** quase tocando a margem da célula **m₄**; **m₄** com desenhos feitos por microtríquias.

Material Examinado: Brasil (MA) [=Maranhão], C. [=Cândido] Mendes, Fazenda 7 Irmãos, 01°52'06"S, 45°45'59.7"W, Arm. [=Armadilha] Malaise, 15-31.X.2018, F. Limeira-de-Oliveira, D. Limeira & J. S. Brito, cols.[=coletores] (1♀, CZMA).

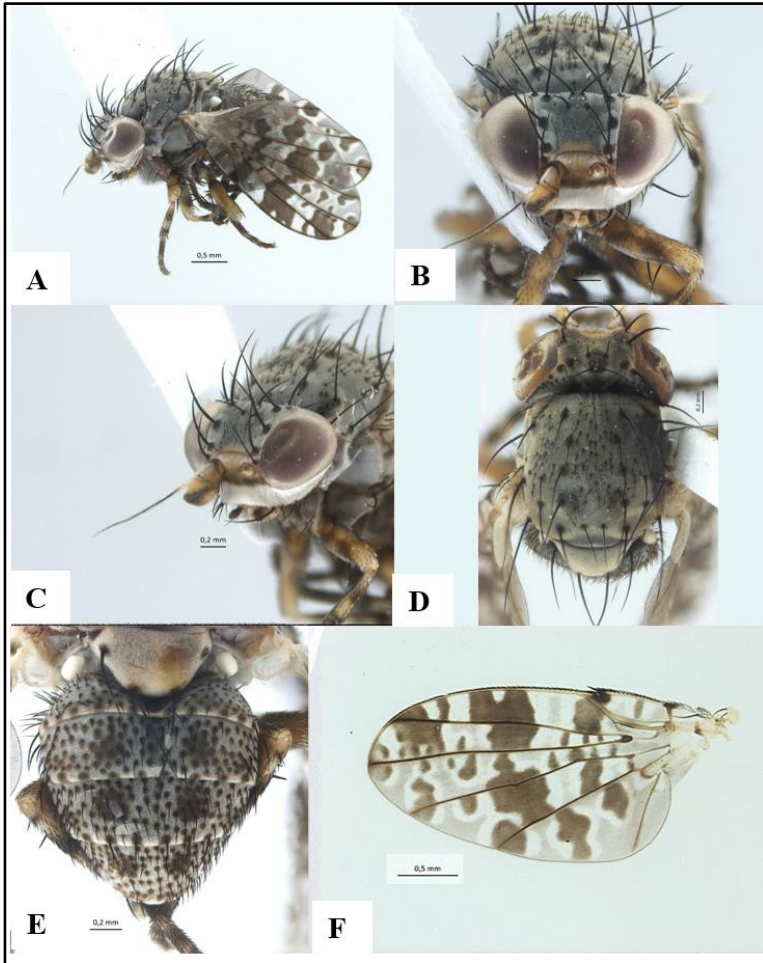
***Odinia* sp. nov. 2**

(Figuras 4A-F)

Diagnose: Predominantemente cinza. Fronte com três cerdas fronto-orbitais, a primeira e segunda mais próximas entre si, e a terceira mais longe. Antena com pós-pedicelo amarelado com uma macha horizontal marrom; arista glabra. Tórax com 1+4 cerdas dorsocentrais, um par de acrosticais; pré-escutelo cinza e sem cerdas; escutelo presente, apenas com as cerdas macro-escutelares. Abdome bastante cerdoso, com duas manchas amarronzadas centrais no tergito 3, 4 e 5. Asa reticulada, veia **CuA+CuP** quase tocando a margem da célula **m₄**; desenhos celulares de microtríquias interligados desde a **r₁** até **m₄**.

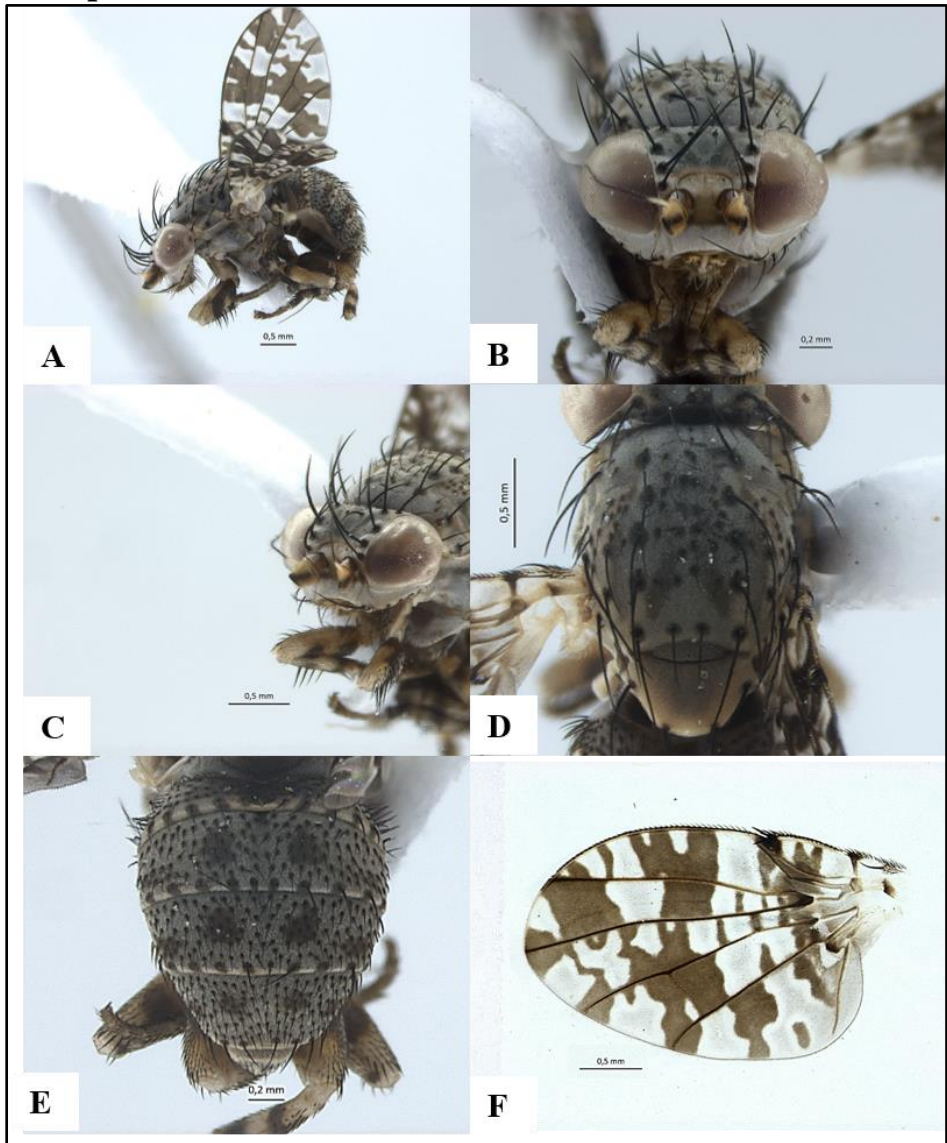
Material Examinado: Brasil (MA) [=Maranhão], C. [=Cândido] Mendes, Fazenda 7 Irmãos, 01°52'06"S, 45°45'59.7"W, Arm. [=Armadilha] Malaise, 15-31.X.2018, F. Limeira-de-Oliveira, D. Limeira & J. S. Brito, cols.[=coletores] (1♀, CZMA).

**Figuras 3A-F. *Odinia* sp.nov.1 ♂: A) *habitus* (vl); B) *fronte* (va);
C) *perfil* (vl); D) *tórax* (vd); E) *abdômen* (vd) e F) *asa* (vd).**



Fonte: Elaboração própria.

**Figuras 4A-F. *Odinia* sp.nov.2 ♂: A) *habitus* (vl); B) *fronte* (va);
C) *perfil* (vl); D) *tórax* (vd); E) *abdômen* (vd) e F) *asa* (vd).**



Fonte: Elaboração própria.

Paratraginops Hendel, 1917

Diagnose: fronte com 3 cerdas fronto-orbitais, par anterior inclinado e dois pares posteriores reclinados. Lúnula alta, arqueada, e com uma grande mancha mediana. Gena com duas cerdas voltadas para cima, e com uma fileira de cerdas verticais ao redor da cavidade oral. Antena com arista longa, bipectinada e plumosa. Tórax com faixa medial marrom, manchas marrons distintas nas bases das cerdas dorsocentrais; 1+3 cerdas dorsocentrais; 2 pares de cerdas pré-escutelares acrosticais. Pré-escutelo ausente. Escutelo com uma mancha marrom mediana no terço basal e 2 manchas marrom-escuras dorsolateralmente; 2 pares de macrocerdas. Asa enfuscada de marrom, com faixa transversal hialina a partir da veia R_{2+3} atingindo a veia M_4 , projetada anteriormente na margem dorsal da célula dm, interposta por duas manchas ligeiramente mais escuras no entorno das veias $r-m$ e $dm-m$; veia M_1 curvada distalmente em direção à veia R_{4+5} .

Paratraginops pilicornis (Cresson, 1912)

(Figuras 5A-F)

Diagnose: Fronte (Figs 16–17): com 2–3 três cerdas fronto-orbitais com alvéolos oblongos na base; gena com 3 cerdas direcionadas para cima. Tórax (Fig. 18): com faixa mediana marrom escuro contínua amplamente até o escutelo; faixa dorsolateral descontínua subdistalmente; 1+3 dorsocentrais, primeira e segunda

cerdas progressivamente mais fracas, segunda e terceira cerda dorsocentrais com margens alongadas confluentes; base do escutelo densamente cerdoso. Asa (Fig. 20): célula r2+3 com o meio totalmente escuro.

Material Examinado: Brasil (MA)[=Maranhão], Bom Jardim, REBIO - Res.[=Reserva] Biol.[=biológica] Gurupi, Arapuca Entomológica, banana, laranja e abacaxi, 01-06.xi.2010, M. M. Abreu, E. A. S. Barbosa & J. A. Silva, cols. [=coletores], FLO 0398, (1♀ CZMA); *idem*, 0394, (1♂, CZMA).

Schildomyia reticulata Prado, 1973

(Figuras 6A-F)

Diagnose: Fronte paralela, triângulo ocelar situado em região moderadamente elevada, castanho-escuro, aveludada, com pruinoseidade prateada nas margens dos ocelos e ao redor da região anterior da fronte; ao redor da inserção das cerdas da cabeça de coloração castanho-escuro; estão presentes 3 cerdas fronto-orbitais, a anterior decumbente, e os 2 pares posteriores reclinadas. Antena, os dois primeiros artículos castanho-alaranjados sem brilho; arista pubescente, com base alaranjada, o restante escurecido. Faciália e parafaciália castanho aveludada, com pruinoseidade prateada nas orbitas oculares inferiormente. Tórax, castanhoferruginoso, com áreas de polinoseidade acinzentadas, com aspecto tigrado, sem formar desenhos nítidos como em *Paratraginops*. Asa, hialina, com

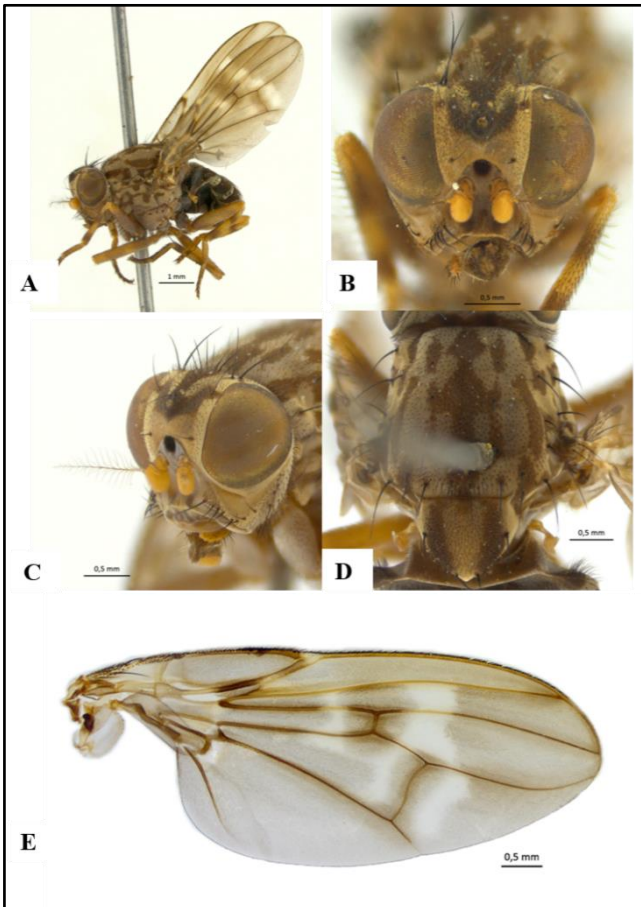
marcação castanho-escuro ao redor das nervuras transversas e na altura do setor radial. Pernas, são normais, como nas 35 outras espécies de Oдиниidae. Abdômen, castanho-escuro com polinosidade acinzentada nas margens lateral e posterior.

Material Examinado: BR [=Brasil], Bom Jardim, REBIO-Res.[=Reserva] Biol.[=biológica] Gurupi, Arapuca Entomológica, Banana, laranja e abacaxi, 01-06.xi.2010, M. M. Abreu, E. A. S. Barbosa & J. A. Silva, cols. [=coletores] (1♀, CZMA); BR [=Brasil], Maranhão, Caxias, Perímetro suburbano, Sítio Sinésio Torres, 04°52'43"S, 43°19'31"W, Frasco caça-mosca, isca: vinagre vermelho, 15-31.vii.2017, D. Limeira, D. P. Silva, A. A. T. Sousa, cols.[=coletores] (1♀, CZMA); *idem*, 23-31.vii.2017, F. Limeira-de-Oliveira, D. Limeira, cols.[=coletores] (18♀, CZMA); *idem*, Bairro Alto da Cruz, Sítio da Elza, 04°52'35"S, 43°20'17"W, 15-31.vii.2017, D. Limeira, D. P. Silva, A. A. T. Sousa, cols.[=coletores] (4♂, CZMA); *idem*, Bar Panela de Barro, (5♀, CZMA); *idem*, Bairro Baixinha, Rua Ver. [=vereador] Gentil Oliveira, 04°51'19"S, 43°20'33"W, D. Limeira, D. P. Silva, cols. [=coletores] (11♀, CZMA); *idem*, Zona urbana, Sítio Apolônio, 04°51'20"S, 43°20'18"W, (1♀, CZMA); *idem*, Sítio Bonfim, 04°52'43"S, 43°19'31"W, Frasco caça-mosca, isca: vinagre Vinho tinto, 01-15.viii.2017, F. Limeira-de-Oliveira, D. Limeira, cols.[=coletores] (6♂/23♀, CZMA); *idem*, D. Limeira, D. P. Silva, A. A. T. Sousa, cols.[=coletores] (6♂, CZMA); *idem*, isca: suco de laranja, F. Limeira-de-Oliveira, D. Limeira, cols.[=coletores] (19♂/7♀, CZMA); *idem*,

Bairro Nova Caxias, Rua Alto da Cruz, 04°52'23"S, 43°20'29"W, D. Limeira, D. P. Silva, A. A. T. Sousa, cols.[=coletores] (7♀, CZMA); Brasil, (Maranhão), Caxias, Res.[=Reserva] Ecológica do Inhamum, Ramal Sumidouro do Padre, 04°53'22"S, 43°24'59"W, PET (Vinagre [=Vinho] Tinto + Fermento Biológico + Etanol), 20m, 14-20.xii.2019, F. Limeira-de-Oliveira, J. C. Oliveira, J. M. Oliveira & I. Cantanhede, cols.[=coletores] (2♂, CZMA); Brasil (Maranhão), Caxias, Res.[=Reserva] Ecológica do Inhamum, Ramal Sumidouro do Padre, 04°53'22"S, 43°24'59"W, PET (Vinagre V. [=Vinho] Tinto + Etanol), baixa (2mts), 15-30.vi.2020, F. Limeira-de-Oliveira, A. Tôrres, D. Limeira & I. Cantanhede, cols. [=coletores] (1♂, CZMA); *idem*, alta (20 mts), 14-20.xii. 2019, F. Limeira-de-Oliveira, A. Tôrres & I. Cantanhede, cols. [=coletores] (2♂, CZMA); *idem*, 02-09.i.2020, (6♀, CZMA); *idem*, 16-23.i.2020, F. Limeira-de-Oliveira, A. Tôrres, D. Limeira & I. Cantanhede, cols. [=coletores] (1♀, CZMA); *idem*, 23-31.i.2020, (2♂/3♀, CZMA); *idem*, 01-15.ii.2020, (4♂/3♀, CZMA); *idem*, 15- 29.ii.2020, (4♂/1♀, CZMA); *idem*, 01-15.iii.2020, (2♂/3♀, CZMA); *idem*, 15-31.iii.2020, (1♂/2♀, CZMA); *idem*, 01-15.iv.2020, (3♂, CZMA); *idem*, 15-30.iv.2020, (1♂/1♀, CZMA); *idem*, 15-30.vi.2020, (1♀, CZMA); *idem*, 15-31.vii.2020, (2♂, CZMA); (Brasil (MA) 36 [=Maranhão], C. [=Cândido] Mendes, Fazenda 7 Irmãos, 01°52'06"S, 45°45'59.7"W, PET (Vinagre V.[=Vinho] + Etanol), 30m, 01-05.xi.2019, F. Limeira-de-Oliveira, A. Tôrres, D. Limeira & I. C. Lima Neta, cols.[=coletores]

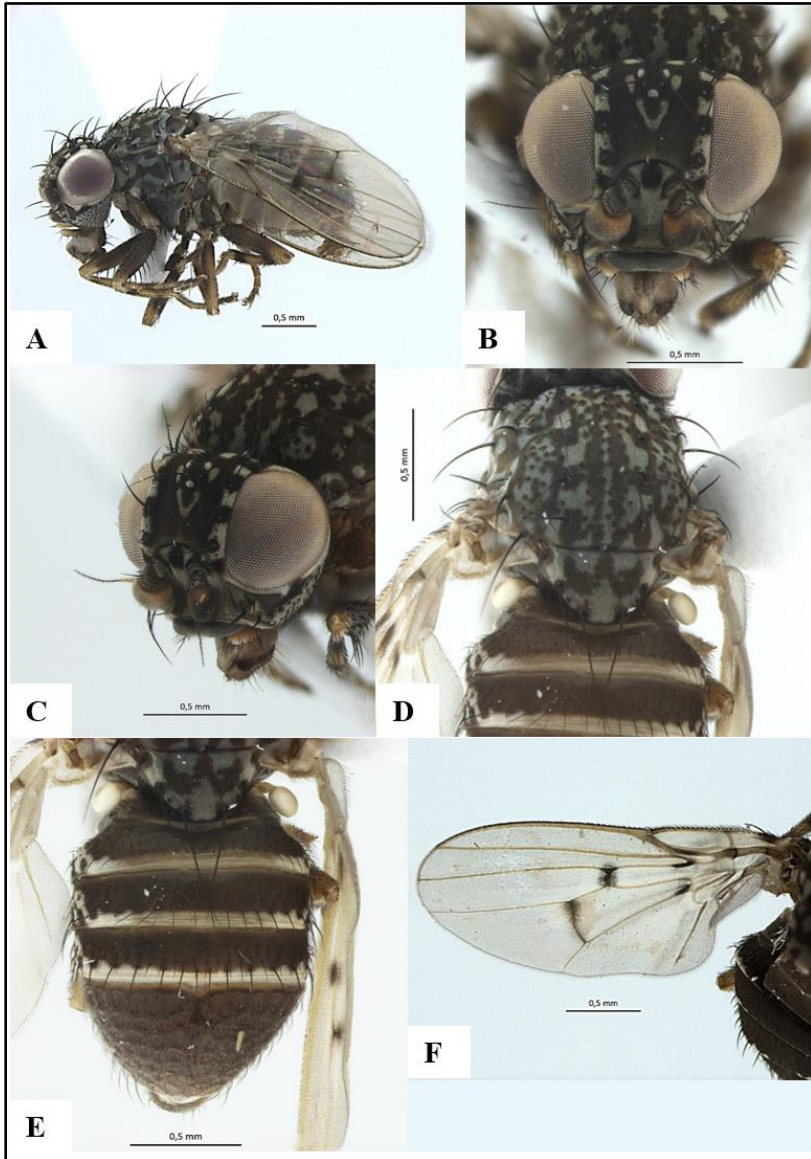
(3♂/4♀, CZMA); *idem*, (Vinagre V. [=Vinho] Tinto + Fermento Biológico + Etanol), (2♂, CZMA); *idem*, (Vinagre V.[=Vinho] Tinto + Fermento Biológico), (3♀, CZMA); *idem*, (Vinagre Arroz + Fermento Biológico + Etanol), (2♂/6♀, CZMA); *idem*, (Vinagre Arroz + Etanol), (2♀, CZMA).

Figuras 5A-E. *Paratraginops pilicornis* ♂: A) habitus (v1); B) frente (va); C) perfil (v1); D) tórax (vd); E) asa (vd).



Fonte: Elaboração própria.

Figuras 6A-F. *Schildomyia reticulata* ♂: A) habitus (vl); B) frente (va); C) perfil (vl); D) tórax (vd); E) abdômen (vd) e F) asa (vd).



Fonte: Elaboração própria.

CONCLUSÕES

Esse trabalho constitui o primeiro levantamento taxonômico da família Odiniidae para as mesorregiões Oeste e Leste maranhenses.

O gênero *Helgreelia* é registrado pela primeira vez no Maranhão, com uma quantidade de espécimes considerável para estudos posteriores em nível específico, podendo ampliar o número de espécies conhecidas para esse gênero.

As espécies do gênero *Neotraginops* e *Paratraginops* parecem constituir-se em novos registros para a ciência; ambas possuem registros no Brasil, no entanto, para o Maranhão são dados novos.

O gênero *Odinia* tem registro no Pará, Roraima e Santa Catarina, com apenas duas espécies descritas, nas quais são *Odinia brevitibia* Shewell, 1960 e *Odinia surumuana* Prado, 1973. Neste trabalho temos a presença de mais duas espécies que são novas para o gênero, ampliando para quatro o número de espécies para este gênero; possui primeiro registro para o Maranhão.

Schildomyia reticulata é registrada pela primeira vez para o Maranhão, até então tinha se registro para o estado de São Paulo.

REFERÊNCIAS

CARVALHO-FILHO, F.S., ESPOSITO, M.C. & SANTOS, R.C.O. (2009) A new species of *Helgreelia* Gaimari (Diptera: Odiniidae) from Brazil, with a key to the Neotropical species of Odiniidae. *Zootaxa*, 2219: 61-68.

CRESSON-JR, E.T. (1912) Descriptions of several new Neotropical Acalyprate Diptera. **Entomological News**, 23, 389–396.

COGAN, B. H. 1980. 64. **Family Odiniidae**. Cat. Dipt. Afrotr. Reg.: 637-638.

GAIMARI, S.D. (2007) Three new Neotropical genera of Odiniidae (Diptera: Acalypratae). **Zootaxa**, 1443, 1–16.

GAIMARI, S.D. (2010) Odiniidae. p. 1049-1055. In: BROWN, B.V., BORKENT, A., CUMMING, J.M., WOOD, D., WOODLEY, N.E., ZUMBADO, M. (2009) **Manual of Central American Diptera**, Volume 2. National Research Council Press, Ottawa. 728 p.

GAIMARI, S.D. & MATHIS, W.N. (2011) **World catalog and conspectus on the family Odiniidae** (Diptera: Schizophora). **MYIA**, 12, 291–339.

GEPLAN/LABGEO - **Gerencia de Estado de Planejamento e Desenvolvimento Econômico, Laboratório de Geoprocessamento- UEMA** (2002) Atlas do Maranhão. GEPLAN, São Luís, 44p.

HENDEL, F. (1909) Über eine Dipterengattung mit turmartigem Scheitel, **Traginops Coquillett**. Wien. Ent. Ztg., 28, 49–52.

HENDEL, F. (1917) Beiträge zur Kenntnis der acalypraten Musciden. Dtsch. Ent. Ztg., 1917, 33–47.

HENDEL, F. (1922) **Die paläarktischen Muscidae Acalyprate girsch. Haplostomata Frey nach ihre Familien und Guttungen I. Die Familien**. *Konowia*, 1, 145–160.

HERNÁNDEZ-ORTIZ, V. & DZUL-CAUICH, J. F. (2014) A new species of *Neotraginops* Prado (Diptera: Odiniidae) from Mexico and Belize,

with additional records for *Odinia coronate* Sabrosky in Mesoamerica. *Zootaxa*, 3786 (5): 593-599.

LIMEIRA-DE-OLIVEIRA, F., MARQUES, D.W.A., REIS, G.A. & RAFAEL, J.A. (2017) *Inpauema*, a new genus of Odiniidae (Diptera) from Brazil, with description of five new species. *Zootaxa*, 4362 (4), 517-534.

LIMEIRA-DE-OLIVEIRA, F., MARQUES, D.W.A., GAIMARI, S.D. & RAFAEL, J.A. (2020) *Pauximya*, a new genus of Odiniidae (Diptera: Acalypratae) with description of two new species from Brazil. *Zootaxa*, 4728 (2): 227-236.

LIMEIRA-DE-OLIVEIRA, F., MARQUES, D.W.A., GAIMARI, S.D. & RAFAEL, J.A. (2020) A new genus and species of odiniids (Diptera: Odiniidae) from the canopy of the Brazilian Amazon rainforest. *Zootaxa* 4801 (1): 164-170.

MALLOCH, J.R. (1926) **New genera and species of acalyptrate flies in the United States National Museum.** Proc. U.S. Natl. Mus. 68, 1-35.

MCALPINE, J.F. (1989) Phylogeny and classification of the Muscomorpha, p. 1397-1518. In: BORKENT, A., MCALPINE J.F., WOOD, D.M., WOODLEY, N.E. (1989) *Manual of Nearctic Diptera. Ottawa: Research Branch Agriculture Canada.* 3, 1333-1521.

PRADO, A.P. (1973) **Contribuição ao conhecimento da família Odiniidae (Diptera, Acalypratae).** Stud. Ent., 16, 481-510.

PRADO, A.P. & PAPAVERO, N. (2002) Insecta, Diptera, Odiniidae. **Fauna da Amazônia Brasileira**, 8, 1-2.

ROBINEAU-DESVOIDY, J.B. (1830) Essai sur les Myodaires. Mémoires Présentes par divers Savans a l'Académie Royale des

Sciences de l'Institut de France et Imprimés par son Odrés **Sciences
Mathématiques et Physiques**, 2, 1-813.

SCUDDER, G.G.E. & CANNINGS, R.A. (2006) **The Diptera families
of British Columbia**. Columbia, 163 pp.

SHEWELL, G.E (1960) Notes on the family Odoniidae with a key to
the genera and descriptions of new species (Diptera). *Canadian
Entomologist*, 92 (8), 625-633.

SOUSA, J.J. (2006) **Estudo da preferência tópica no repasto
sanguíneo de mutucas (Diptera, Tabanidae) em equinos na
Reserva Ecológica do Inhamum, Caxias, Maranhão**. p. 1-27.

TÔRRES, A., RAFAEL, J.A., GAIMARI, S.D. & LIMEIRA-DE-
OLIVEIRA, F. (2021) Revision of the genus *Lopesiodinia* Prado, 1973
(Diptera: Odoniidae) with description of three new species. *Zootaxa*,
5052 (3): 332-352.

NÍVEIS DE INFESTAÇÃO DE *Aedes aegypti* E *Aedes albopictus* (DIPTERA, CULICIDAE) EM UMA LOCALIDADE NA ZONA RURAL DO MUNICÍPIO DE CAXIAS, MARANHÃO

Tamires da Silva Costa¹

Sêmilly Suélen Silva Sousa²

Maxcilene da Silva de Oliveira³

Valéria Cristina Soares Pinheiro⁴

INTRODUÇÃO

Os mosquitos do gênero *Aedes* participam da transmissão de diversas arboviroses, sendo que *Aedes (Stegomyia) aegypti* (LINNAEUS,1762) e *Aedes albopictus* (SKUSE,1894) estão entre as principais espécies de importância médica mundial (BRASIL, 2016; OPAS, 2019). Estes mosquitos chegaram ao continente americano em diferentes épocas históricas, e atualmente apresentam elevada

¹Graduanda em Ciências Biológicas Licenciatura pela Universidade Estadual do Maranhão, campus Caxias, Maranhão e bolsista de iniciação científica da Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) e integrante do Laboratório de Entomologia Médica-LABEM/CESC – UEMA.

² Doutoranda em Biodiversidade e Biotecnologia - Bionorte – UFMA, Mestra em Biodiversidade, Ambiente e Saúde - PPGBAS-UEMA, Esp. Gestão Inter. do Meio Ambiente e Educação Ambiental- IESF e integrante do Laboratório de Entomologia Médica- LABEM/CESC – UEMA.

³ Doutoranda em Biodiversidade e Biotecnologia - Bionorte – UFMA, Mestra em Biodiversidade, Ambiente e Saúde, Especialista em Ensino de Genética e integrante do Laboratório de Entomologia Médica- LABEM/CESC – UEMA.

⁴ Doutora em Ciências Biológicas (Entomologia) pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Professora da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Docente Permanente nos Programa de Pós-graduação Biodiversidade, Ambiente e Saúde da UEMA e no Programa de Doutorado da Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal - BIONORTE. Coordenadora do Laboratório de Entomologia Médica (LABEM) no Campus da UEMA em Caxias.

competência vetorial na transmissão de vírus causadores de arboviroses de impacto na saúde pública, como a febre amarela urbana, a dengue, a chikungunya e a zika (CONSOLI; LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, 1994; ZAYED *et al.*, 2012).

O mosquito *A. aegypti* foi importado da África para a América durante o período de colonização e do tráfico negreiro, e desde então passou a acompanhar o homem em sua longa trajetória pelo mundo permanecendo em locais que são mais favoráveis à sua proliferação (BARBOSA, 2006). *A. albopictus* é encontrado em menor frequência, especialmente nos espaços urbanos, e foi identificado pela primeira vez no Brasil em 1986 nos estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo, de modo que, em menos de um ano, já se encontrava instalado em todos os estados da Região Sudeste (FORATTINI, 1986).

Ambas espécies possuem desenvolvimento holometábolo, ou seja, passam pela fase de ovo, quatro estádios larvários (L1, L2, L3 e L4), fase de pupa e o adulto, com ciclo de vida variando entre oito a 12 dias (MURRAY; QUAM; WILDER, 2013). Dependendo das condições climáticas, os adultos vivem em média 30 a 35 dias (CONSOLI; LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, 1994). Além disso, *A. aegypti* é um vetor de hábito diurno e caráter antropofílico, podendo também utilizar sangue de outros animais (FORATTINI, 2002).

A dispersão de *A. aegypti* e *A. albopictus* ocorre principalmente devido ao curto ciclo de vida que possuem, o que lhes confere várias características favoráveis, principalmente tratando-se

de *A. aegypti*, dentre as quais pode-se citar a grande plasticidade biológica, alta fecundidade com rápida sucessão de gerações e também uma alta facilidade de adaptação a diferentes ambientes, decorrentes principalmente da tendência de depositar ovos em locais inespecíficos, associado ao fato de possuir fase aquática e terrestre (ARAÚJO, 2016).

Morfologicamente, os mosquitos *A. aegypti* possuem como características marcantes o escudo recoberto por escamas escuras e um desenho em forma de lira composto por escamas branco-prateadas (FORATTINI, 2002). Outra característica desse vetor que merece destaque é a plasticidade que a quiescência confere a seus ovos, contribuindo relevantemente para a sua dispersão no ambiente (SOARES PINHEIRO *et al.*, 2017).

A espécie *A. albopictus* é fenotipicamente semelhante à *A. aegypti*, diferenciando-se por apresentar uma linha longitudinal no tórax, e por possuir uma tonalidade mais escura (MARQUES; GOMES, 1997). O seu ciclo biológico também é similar ao de *A. aegypti*, com metamorfose completa. Embora *A. albopictus* não seja incriminado como vetor primário no Brasil, apresenta potencial para transmitir várias arboviroses, elevada expansão territorial, e os mosquitos dessa espécie foram encontrados naturalmente infectados pelos sorotipos dos vírus dengue tipo 2 (DENV₂) e vírus dengue tipo 3 (DENV₃) (AMARAL; DANSA-PETRETSKI, 2012; FIOCRUZ, 2021).

No entanto, é válido mencionar que, apesar dessas duas espécies apresentarem características morfológicas e comportamentais bastante semelhantes, diferem quanto à frequência nos ambientes. Enquanto *A. aegypti* é mais frequente no intradomicílio em áreas urbanas, *A. albopictus* está presente em locais com menos alterações antrópicas e com maior cobertura vegetal tendo como criadouros naturais os internódios de bambu, buracos em árvores e casca de frutas (CONSOLI; LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, 1994; BARATA *et al.*, 2001; BRAKS *et al.*, 2003; LIMA-CÂMARA; HONÓRIO; LOURENÇO -DE-OLIVEIRA, 2006).

Quanto aos criadouros, esses vetores possuem como preferenciais os recipientes artificiais, tanto aqueles abandonados pelo homem a céu aberto e preenchidos pela água das chuvas, como aqueles utilizados para armazenar água para uso doméstico. Podem-se citar pneus, latas, vidros, cacos de garrafas, pratos de vasos, caixas da água, toneis, latões e cisternas destampadas ou mal tampadas, ou mesmo lagos artificiais, piscinas e aquários abandonados (CONSOLI; LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, 1994). A diversidade desses criadouros contribui diretamente na produção de indivíduos adultos, ao permitir o aumento na densidade de espécies de mosquitos vetores, assumindo importante risco na dispersão de doenças (ROSSIE; SILVA, 2007).

Frente a esta realidade uma medida eficaz utilizada desde o início do século XX para reduzir a reprodução e dispersão de *A.*

aegypti no ambiente, consiste no controle mecânico que fundamenta-se na eliminação dos recipientes que acumulam água e servem de habitat para as larvas desse mosquito, ou na manutenção correta de reservatórios de água, que acabam servindo de depósito para ovos tornando-se criadouros para formas imaturas desses vetores (BRAGA; VALLE, 2007; BRASIL/SVS/DIVE, 2009; DOS REIS *et al.*, 2010; TERRA *et al.*, 2017).

Outra importante medida de controle desses mosquitos e consequente forma de prevenção às arboviroses que eles transmitem, consiste no monitoramento vetorial a partir da utilização de armadilhas de oviposição (ovitampa). Essas armadilhas foram desenvolvidas por Fay e Eliason (1966), aperfeiçoadas por Reiter e Gubler (1997), e consistem em recipientes plásticos de coloração escura, com abertura de cerca de 12 cm de largura na parte superior e capacidade de 800 mL (REITER *et al.*, 1991), as quais podem ser aplicadas utilizando-se tecnologias de informação, para monitoração de densidades populacionais do vetor. A avaliação dessa ferramenta provou ser ela capaz, não somente de detectar a presença do mosquito, mas também de estimar, indiretamente, a densidade de fêmeas presentes no ambiente, a partir da contagem dos ovos coletados (ACIOLI, 2006).

Portanto, a aplicação do controle mecânico associado a utilização das ovitrampas são instrumentos importantes para auxiliar o trabalho desenvolvido pela vigilância entomológica. Além de

mostrar os níveis de infestação vetorial dos criadouros, contribuir para o correto direcionamento de estratégias de controle dos vetores, uma vez que a partir destas ações pode-se saber a real situação de uma área, montar planos de controle eficazes, e assim, contribuir com a redução do número de casos das doenças transmitidas por estes mosquitos.

METODOLOGIA

Caracterização da área de estudo

A pesquisa foi realizada no povoado Barriguda, zona rural, situado a 18 km da zona urbana do município de Caxias - MA, nas coordenadas a -5.2 de latitude e -43.45 de longitude.

Conforme as estimativas do censo de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, o povoado Barriguda possui população igual a 321 habitantes e mais de 100 imóveis (IBGE, 2010). A localidade possui um estabelecimento de ensino, a escola Ezer Vila Nova, e outros estabelecimentos com outras finalidades (comercial, religioso etc.). O povoado é banhado pelo rio Itapecuru, com açudes nas proximidades de algumas residências, sendo um local arborizado com uma vegetação diferenciada, formada especialmente por árvores frutíferas (mangueira, cajueiro, bananeira, cajazeira etc.) e plantas ornamentais, a maioria das casas são de alvenaria e taipa, os quintais são grandes com terreno arenoso e possuem grande diversidade de árvores frutíferas.

Coletas de ovos com ovitrampas e de imaturos de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*

As coletas de ovos de *A. aegypti* e *A. albopictus*, no povoado Barriguda, Caxias - MA, foram realizadas com a utilização de armadilhas ovitrampas no período compreendendo fevereiro a abril de 2021. As armadilhas foram instaladas no peridomicílio de 15 residências dispostas nos dois lados da MA 034, totalizando 30 armadilhas a cada mês. Após um período de quatro dias de exposição, as ovitrampas foram recolhidas, e encaminhadas ao Laboratório de Entomologia Médica - LABEM, onde foi realizada a contagem dos ovos com auxílio de estereomicroscópio (Zeiss modelo stemiDV4). Posteriormente, as palhetas foram imersas em bacias de plástico (45x30x7,5 cm) contendo água potável para eclosão dos imaturos, e depois da emergência, os adultos foram sugados utilizando-se um capturador de Castro e identificados quanto à espécie.

Nas mesmas residências onde foram colocadas as ovitrampas, foram realizadas vistorias para coleta de imaturos nos recipientes dispostos na parte externa, sendo que no mês de fevereiro foram feitas duas vistorias segundo a metodologia da Fundação Nacional de Saúde (BRASIL/FUNASA, 2001). Todos os recipientes artificiais ou naturais que se mostraram potenciais para o desenvolvimento de *A. aegypti* e/ou *A. albopictus* foram vistoriados, e naqueles com larvas e pupas, foi realizada a captura com auxílio de pipetas plásticas. Os imaturos coletados foram acondicionados em tubos de hemólise de

10 ml, contendo álcool 70%. Os frascos foram identificados com etiqueta contendo os dados de localização e tipo de depósito onde foram coletados e, posteriormente, foram encaminhados ao LABEM para a identificação dos espécimes.

A identificação dos espécimes foi realizada pela observação direta dos caracteres morfológicos evidenciados ao estereoscópico e ao microscópio de luz utilizando a chave dicotômica proposta por Consoli e Lourenço de Oliveira (1994) e Foratinni (2002). Foram consideradas duas classes de recipientes: os naturais e os artificiais. Que segundo Sá (2004) tem-se a classificação dos recipientes naturais e conforme Soares-da-Silva et al. (2012) a classificação dos recipientes artificiais com modificações, utilizadas como referência para esta pesquisa (Quadro 1).

Quadro 1. Classificação dos recipientes naturais e artificiais utilizados como referência na coleta dos imaturos.

| Criadouro natural (cinco grupos de recipientes) | Criadouros artificiais (sete grupos de recipientes) |
|--|---|
| TR1. Poças e buracos no solo; | TR1. Vaso (vasos de planta, e pratos de potes); |
| TR2. Ocos de árvores; | TR2. Frascos (garrafas, latas, plásticos, vidros); |
| TR3. Folhas das plantas; | TR3. Pneus; |
| TR4. Outros naturais (aqueles que não se encaixam em nenhuma das demais classificações). | TR4. Material de construção (materiais utilizados para construção); |
| | TR5. Armazenamento (tanque, tonel, filtro, pote, balde, tambor); |
| | TR6. Fixos (ralos, caixa de gordura e poços); |
| | TR7. Outros artificiais (aqueles que não se encaixam em nenhuma das demais classificações). |

TR= Tipo de recipiente

Fonte: SÁ (2004); SOARES-DA-SILVA et al. (2012).

Análise dos dados

Foram realizadas análises de Índice de Positividade de Ovitrapa (IPO) para se obter a porcentagem expressa pela razão do número de ovitrapas positivas pelo número total de ovitrapas instaladas, e o Índice de Densidade de Ovo (IDO) a partir da relação entre número de ovos e o número de ovitrapas positivas (GOMES, 1998).

Índice de Positividade de Ovitrapa:

$$PO = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de armadilhas positivas}}{\text{N}^{\circ} \text{ de armadilhas examinadas}} \times 100$$

Índice de Densidade de Ovos:

$$DO = \frac{\text{Número de ovos}}{\text{N}^{\circ} \text{ de armadilhas positivas}}$$

Os dados referentes à quantidade de imaturos de *A. aegypti* e *A. albopictus* coletados nos criadouros foram organizados em planilhas no programa Microsoft Excel®. Para análise desses dados, foi utilizado o cálculo de frequência relativa dada em porcentagem (%), que corresponde a fração de um número inteiro expressa em centésimos e serve para distinguir a quantidade de valores pelo número total. Esse cálculo de frequência de formas imaturas segue a metodologia utilizada pelo Ministério da Saúde (BRASIL/MS, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Positividade das ovitrampas e densidade de ovos

Do total de 90 ovitrampas instaladas no período que compreende os meses de fevereiro à abril, foi constatada positividade em 100% das armadilhas. Nestas, foram coletados 16.474 exemplares, sendo que o mês de fevereiro apresentou maior número de ovos (6.911; 42%), seguido pelo mês de abril com 6.306 (38,2%) ovos. Em março, apesar de ter sido observado menor número de ovos em relação ao período, ainda assim foi coletado número relevante (Tabela 1). Os resultados obtidos com a utilização de APO mostraram a presença e a dispersão do *Aedes* pelo povoado durante todo o período de coletas, comprovada pela positividade das armadilhas em todos os meses em que foram instaladas.

Tabela 1 – Armadilhas instaladas nos meses de fevereiro a abril de 2021 no povoado Barriguda de Caxias- MA.

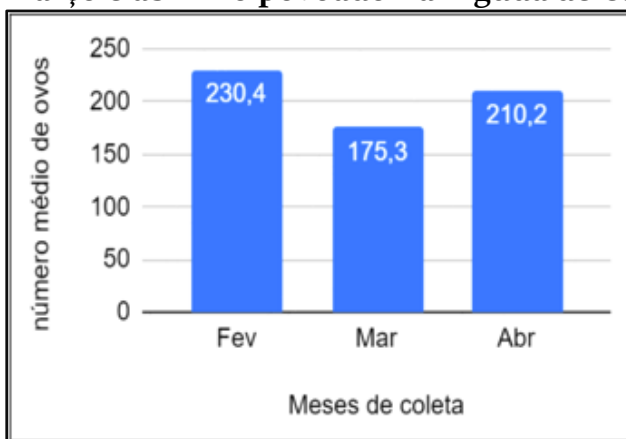
| Mês | Total de Armadilhas | | |
|--------------|-----------------------------|---------------|---------------------|
| | Nº de armadilhas instaladas | Positivas (%) | Nº de ovos (%) |
| Fevereiro | 30 | 100% | 6.911 (42%) |
| Março | 30 | 100% | 3.257 (19,8%) |
| Abril | 30 | 100% | 6.306 (38,2%) |
| Total | 90 | 100% | 16.474(100%) |

Fonte: Elaboração própria.

As análises de índice de densidade de ovo (IDO) obtidos durante os três meses de coleta mostraram que o mês de fevereiro

teve o maior índice de infestação com uma média de 230,4. No mês de março houve uma discreta queda para a média de 175,3 ovos e no mês de abril ocorreu um aumento na infestação para a média de 210,2 ovos, no entanto, ainda inferior ao que foi observado em fevereiro (Gráfico 1).

Gráfico 1. Densidade de ovos coletados nos meses de fevereiro, março e abril no povoado Barriguda de Caxias – MA.



Fonte: Elaboração própria.

Os níveis de infestação de *Aedes* avaliados pela densidade de ovos, ou seja, números de ovos por armadilhas positivas, registrados em fevereiro, podem estar relacionados com os dados de pluviosidade pois é o período mais chuvoso do ano. Segundo Rebêlo (2004), as chuvas exercem grande influência e aumentam consideravelmente a quantidade de criadouros disponíveis para o desenvolvimento das formas imaturas do vetor.

Frequência de mosquitos *A. aegypti* e de *A. albopictus* quanto ao sexo

Em relação à distribuição dos mosquitos coletados, a espécie *A. aegypti* apresentou um total de 1.560 espécimes, dos quais 1.020(65,4%) eram machos e 540(34,6%) eram fêmeas, sendo que no mês de março foi observado maior número de machos e fêmeas, 677(66,4%) e 250(46,3%), respectivamente. Quanto à *A. albopictus*, 682 espécimes foram coletados, sendo que 300(44%) machos e 382(56%) fêmeas, com maior quantidade de espécimes coletadas em fevereiro, mês mais produtivo para esta espécie que apresentou 104(34,7%) machos e 150(39,3%) fêmeas (Tabela 2).

Tabela 2- Quantidade de *A. aegypti* e *A. albopictus* coletados com ovitrampas nos meses de fevereiro a abril de 2021 no povoado Barriguda Caxias - MA.

| Mês | Aegypti | | Albopictus | |
|-------------|--------------|------------|------------|------------|
| | (♂) | (♀) | (♂) | (♀) |
| Fevereiro | 289(28,3%) | 232(43%) | 104(34,7%) | 150(39,3%) |
| Março | 677(66,4%) | 250(46,3%) | 99(33%) | 139(36,4%) |
| Abril | 54(5,3%) | 58(10,7%) | 97(32,3%) | 93(24,3%) |
| Total | 1.020(65,4%) | 540(34,6%) | 300(44%) | 382(56%) |
| Total Final | 1.560(100%) | | 682(100%) | |

Fonte: Elaboração própria.

Pesquisa dos criadouros com frequência de *A. aegypti* e de *A. albopictus*

Durante as quatro vistorias realizadas em 15 residências do povoado Barriguda, obteve-se um total de 1.431 espécimes de larvas e pupas de *A. aegypti* e *A. albopictus*, sendo que o maior número de espécimes foi observado no mês de março (536; 37,5%) e o menor no mês de abril, que apresentou uma queda, exibindo apenas 196 (13,7%) exemplares. Em relação às duas vistorias realizadas no mês de fevereiro, a primeira inspeção (413; 28,8%) se destacou exibindo maior número de imaturos que a segunda (286; 20%) (Tabela 3). A tabela 3 também mostra que houve maior infestação de *A. albopictus* em relação à *A. aegypti* com um total de 1.150 (80,4%) e 281(19,6%) imaturos, respectivamente.

Tabela 3 – Positividade de *A. aegypti* e *A. albopictus* nos criadouros das residências vistoriadas nos meses de fevereiro a abril no povoado Barriguda.

| Mês | Vistorias | (N° larvas e pupas %) | Larvas e pupas por espécie (%) | |
|--------------|-----------|-----------------------|--------------------------------|----------------------|
| | | | <i>A. aegypti</i> | <i>A. albopictus</i> |
| | 1 | | | 342(29,6%) |
| Fevereiro | | 413(28,8%) | 72(25,5%) | |
| Fevereiro | 1 | 286 (20%) | 54(19,2%) | 232(20,2%) |
| Março | 1 | 536 (37,5%) | 107 (38,1%) | 429 (37,3%) |
| Abril | 1 | 196 (13,7%) | 48 (17,2 %) | 148 (12,9%) |
| Total | 4 | 1.431 (100%) | 281 (19,6%) | 1.150 (80,4%) |

Fonte: Elaboração própria.

Foi possível observar que o número de recipientes positivos para formas imaturas de *A. aegypti* e *A. albopictus* foi maior em fevereiro e março, meses em que a precipitação alcançou as médias mais elevadas durante o estudo, 11,6 mm e 9,5 mm, respectivamente. Esse dado é reforçado por outros estudos realizados também em Caxias, Maranhão (SOARES-DA-SILVA *et al.*, 2012, BEZERRA *et al.*, 2017, SOUSA *et al.*, 2021), em que o período chuvoso foi considerado o mais importante para as infestações dessas espécies.

De acordo com as análises de positivities dos criadouros, a espécie *A. albopictus* apresentou os maiores níveis de infestações das formas imaturas, provavelmente devido ao local de realização da pesquisa se tratar de uma área recoberta por vegetações e habitada por um pequeno número de moradores. O mosquito *A. albopictus* se espalha com facilidade no ambiente rural, não dependendo dos locais de grande concentração humana, como é o caso de *A. aegypti* (CONSOLI; LOURENÇO-DEOLIVEIRA, 1994). No entanto, a elevada infestação de *A. albopictus* na localidade coabitando com *A. aegypti* desperta para a necessidade de mais estudos e monitoramento desse mosquito nesta área.

Infestações de imaturos por tipo de recipientes

Os tipos de criadouros que apresentaram positividade para imaturos correspondem aos recipientes artificiais, os quais exibiram um total de 699 (48,8%) espécimes no mês de fevereiro, 536 (37,5%)

no mês de março e 196 (13,7%) no mês de abril. Estes exemplares foram distribuídos em 35 recipientes, sendo que os principais foram os tanques, bacias, caixa d'água e pneus, com maior positividade de imaturos encontrada nos tanques, o equivalente à 637 (44,6%) (Tabela 4).

Tabela 4- Porcentagem de imaturos por grupo de recipientes de fevereiro a abril no povoado Barriguda de Caxias - MA 2021.

| Tipos de depósitos | Rec. positivos | Nº de imaturos coletados por mês | | | |
|--------------------|----------------|----------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| | | fev. (%) | mar (%) | abr (%) | Total (%) |
| Frascos | 2 | 53(7,6%) | 0 | 0 | 53(3,7%) |
| Vasos | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Pneus | 2 | 220(31,5%) | 0 | 0 | 220(15,4%) |
| Mat.de construção | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Armazenamento | 31 | 426(60,9%) | 536(100%) | 196(100%) | 1.158(80,9%) |
| Fixos | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Outros | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL | 35 | 699(48,8%) | 536(37,5%) | 196(13,7%) | 1.431(100%) |

Rec. Recipiente

Fonte: Elaboração própria.

Durante as coletas foram encontrados nas residências diversos recipientes em condições adequadas para o desenvolvimento de *A. aegypti* e *A. albopictus*, com destaque para os criadouros artificiais, no entanto, não foi observada a presença de larvas e pupas nos criadouros naturais. Dos sete grupos de recipientes artificiais, observou-se que os preferenciais para a oviposição pertencem ao grupo de armazenamento de água, sendo que os mais frequentes e com maior positividade foram os tanques, seguidos pelos baldes e

tambores. Este resultado pode ser determinado pelo tamanho, pois, recipientes de maior volume podem armazenar uma maior quantidade de alimento e provavelmente são ambientes mais permanentes para as formas imaturas favorecendo a proliferação (HARRINGTON *et al.*, 2008).

O grupo armazenamento desempenha um papel fundamental para o desenvolvimento e dispersão dos mosquitos vetores da dengue, chikungunya e outras arboviroses (ANTRADE, 2017). No Brasil, este grupo vem sendo predominante em diversos Estados. De acordo com estudos realizados por Maciel-de-Freita *et al.* (2007) no Rio de Janeiro, sobre a utilidade de contêineres, o grupo armazenamento foi o que exibiu maior produtividade.

Esses dados também foram mostrados nos trabalhos realizados no município de Caxias Maranhão por Soares da Silva *et al.* (2012), Bezerra *et al.* (2017); Andrade, Bezerra e Pinheiro (2019), e Sousa *et al.* (2021) que ao analisarem o índice de infestação do *Aedes* em recipientes, também registraram o grupo armazenamento como sendo preferencial para o desenvolvimento desses imaturos.

CONCLUSÕES

Nas coletas realizadas no Povoado Barriguda, obteve-se um percentual de positividade de 100% com APO, sendo que os níveis de infestações de ovos do *Aedes* foram maiores no mês de fevereiro, considerado período chuvoso, e os criadouros artificiais mais

produtivos observados nas coletas de formas imaturas foram os pertencentes ao grupo armazenamento, que apresentou 80,9% dos espécimes coletados. Na localidade Barriguda, *A. albopictus* foi mais frequente nos criadouros do que *A. aegypti*. Os resultados obtidos permitiram verificar os níveis de infestação vetorial dos criadouros nos três meses de coleta, embora seja um período muito curto, constatou-se com as ovitrampas a infestação dos dois vetores na área e a predominância das formas imaturas do *A. albopictus* nos criadouros artificiais. Os resultados relativos aos recipientes reforçam a necessidade de intensificação dos cuidados com este tipo de depósito com o intuito de reduzir a oferta de criadouros para os vetores, e a conseqüente transmissão das arboviroses.

REFERÊNCIAS

ACIOLI, R.V. **O uso de armadilhas de oviposição (ovitrampas) como ferramenta para monitoramento populacional do *Aedes* spp. em bairros do Recife.** Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Fundação Oswaldo Cruz “Centro de Pesquisa Aggeu Magalhães”, Recife, 2006.

ANDRADE, A. T. S., BEZERRA, J. M. T., PINHEIRO, V. C. S. **Characterization of the Proliferation Sites of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in the Artificial Breeding Sites of Caxias, Maranhão, Brazil.** In Life Cycle and Development of Diptera. Intech Open. 10.5772/intechopen.89959, 2019.

ARAÚJO, L. M. **Modelo Eco-Sociossanitário da Ocorrência de Dengue: Um Esforço de construção a partir da cidade de Riacho de Santana-BA.** Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, águas e

saneamento) – Universidade Federal da Bahia- Escola politécnica, Salvador, Bahia, 2016.

BARATA, E. A. M. F.; COSTA, A. I. P.; NETO, F. C.; GLASSER, C. M.; BARATA, J. M. S.; NATAL, D. População de *Aedes aegypti* (L.) em área endêmica de dengue, Sudeste do Brasil. **Revista de Saúde Pública**. v. 35, n. 3, p. 237-242, 2001.

BARBOSA, A. A. C. **Avaliação do uso de armadilhas de oviposição como método de vigilância entomologia para *Aedes aegypti***. Dissertação (Mestrado em Medicina e Ciências Correlatas) - Faculdade de Medicina de São José do Rio Preto, São Paulo, 2006.

BEZERRA, J. M. T., SANTANA, I. N. S., MIRANDA, J. P., TADEI, W. P., PINHEIRO, V. C. S. Criadouros de *Aedes aegypti* (Linnaeus)(Diptera, Culicidae): estudos sobre recipientes em estações seca e chuvosa em cidade endêmica para dengue. **Revista de Pesquisa em Saúde**. v.18, n.2, 2017.

BRAGA, I. A.; VALLE, D. *Aedes aegypti*: inseticidas, mecanismos de ação e resistência. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**. v. 16, n. 4, p. 279-93, 2007.

BRAKS, M. A. H.; HONÓRIO, N. A.; LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, R.; JULIANO, A. S.; LOUNIBOS, L. P. Convergent habitat segregation of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in southeastern Brazil and Florida. **Journal of Medical Entomology**. v. 40, n. 6, p. 785-94, 2003.

BRASIL/FUNASA. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Dengue Instruções para Pessoal de Combate ao Vetor** - Manual de Normas Técnicas. Brasília, 2001.

BRASIL/SVS/DIVE. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. **Diretrizes nacionais**

para a prevenção e controle de epidemias de dengue. Brasília: Ministério da Saúde, 2009.

CONSOLI, R. A. B. G.; OLIVEIRA, R. L. **Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil.** Rio de Janeiro: ida editora Fiocruz, 1994.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Boletim epidemiológico.** Brasília, DF. Secretaria de Vigilância em Saúde. v.47, n. 6. 2016. Disponível em:

<http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2016/fevereiro/04/2016-004---Dengue-SE3.pdf>. Acessado em: 13 de janeiro de 2021.

DOS REIS, I. C.; HONÓRIOA, N. A.; CODEC, C. T.; MAGALHÃES, M. A. F. M.; LOURENC, O-DE-OLIVEIRA, R.; BARCELLOS, C. Relevance of differentiating between residential and non-residential premises for surveillance and control of *Aedes aegypti* in Rio de Janeiro, Brazil. **Acta Tropica.** v. 114, n. 1, p. 37-43, 2010.

FIOCRUZ. Instituto Oswaldo Cruz. **Dengue.** Disponível em: <http://www.cpqrr.fiocruz.br/pg/dengue/>. Acessado em: 01 de março de 2021.

FORATTINI, O. P. Identificação de *Aedes (Stegomyia) albopictus* no Brasil. **Revista de Saúde Pública.** v.20, n. 3, p. 244-245. 1986.

FORATTINI, O. P. Culicidologia Médica. editora **Universidade de São Paulo**, São Paulo, Brasil. p.860, 2002.

GOMES, A. C. Medidas dos níveis de infestação urbana para *Aedes (Stegomyia) aegypti* e *Aedes (Stegomyia) albopictus* em programa de vigilância entomológica. **Informe Epidemiológico do SUS.** São Paulo. v. 7, p. 49-57, 1998.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010: características da população e dos domicílios:

resultados do universo. In: IBGE. **Sidra: sistema IBGE de recuperação automática**. Rio de Janeiro, 2010. [citado 24 fev. 2021]. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/território>.

LIMA-CÂMARA, T. N.; HONÓRIO, N. A.; LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, R. Frequência e distribuição espacial de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* (Díptera, Culicidae) no Rio de Janeiro, Brasil. **Caderno de Saúde Pública**. v. 22, n. 10, p. 2079-2084, 2006.

MARQUES, GRAM.; GOMES, A. Comportamento antropofílico de *Aedes albopictus*(Skuse) (Diptera; Culicidae) na região do vale do Paraíba, Sudeste do Brasil. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo. v.31, p.125-130,1997.

MURRAY, N. E. A.; QUAM, M. B.; WILDER, S. A. Epidemiology of dengue: past, present, and future prospects. **Clinical epidemiology**. v. 5, p. 299, 2013.

OPAS - Organização Pan-Americana da Saúde. **Folha informativa - Dengue e dengue grave**. 2019. Disponível em: https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=5963:folha-informativa-dengue-e-dengue-grave&Itemid=812. Acessado em: 13 de janeiro de 2021.

REBÊLO, J. M. M.; GONÇALVES NETO, V.S. Aspectos epidemiológicos do dengue no Município de São Luiz, Maranhão, Brasil, 19997- 2002. **Caderno de Saúde pública**, Rio de Janeiro. v. 20, n.5, p. 1424-1431,2004.

REITER, P.; AMADOR, M. A.; COLON, N. Enhancement of the CDC ovitrap with hay infusions for daily monitoring of *Aedes aegypti* populations. **Journal of the American Mosquito Control Association**. v.7, n.1, p. 52-5, 1991.

ROSSIE, C. N.; SILVA. A.M. **Diversidade de criadouros frequentados por *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* no estado de santa catarina, período de 1998 a 2007**. Santa Catarina,2007.

SÁ, E. L. R. **Estudo das áreas de ocorrência e dos criadouros preferenciais de *Aedes albopictus* Skuse, 1894, (Diptera: Culicidae) em Manaus-Amazonas, Brasil.** Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Amazonas, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia, Manaus, Amazonas, 2004.

SOARES-DA-SILVA, J. *et al.* Variation in *Aedes aegypti* (Linnaeus) (Diptera, Culicidae) infestation in artificiais containers in Caxias, State of Maranhão, Brazil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical.** v. 45, n. 2, p. 174-179, 2012.

SOARES-PINHEIRO, V. C.; DASSO-PINHEIRO, W.; TRINDADE-BEZERRA, J. M.; TADEI, W. P. Eggs viability of *Aedes aegypti* Linnaeus (Diptera, Culicidae) under diferente environmental and storage conditions in Manaus, Amazonas, Brazil. **Brazilian Journal of Biology.** v. 77, n. 02, 2017.

SOUSA, S. S. S. *et al.* Perfil reprodutivo de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* de uma área urbana endêmica para arboviroses da região Nordeste do Brasil. **Research, Society and Development,** v. 10, n. 9, p. e6310917631-e6310917631, 2021.

TERRA, M. R.; SILVA, R. S.; PEREIRA, M. G. N.; LIMA, A. F. *Aedes aegypti* e as arboviroses emergentes no Brasil. **Revista Uningá Review.** v. 30, n. 3, p. 52-60, 2017.

ZAYED, A; AWASH, A.; ESMAIL, M. A.; MNZAVA, A. Detection of Chikungunya vírus in *Aedes aegypti* during 2011 outbreak in Al Hodayda, Yemen. **Acta Tropica.** v. 123, n. 1, p. 62-62012.

RIQUEZA E COMPOSIÇÃO DA SUBFAMILIA PAPILIONOIDEAE NO MARANHÃO

Kássya Aguiar Conceição¹

Anastácia dos Santos Gonçalves²

Guilherme Sousa da Silva³

Domingos Lucas dos Santos Silva⁴

Gonçalo Mendes da Conceição⁵

INTRODUÇÃO

Fabaceae Lindl. é uma família com uma ampla distribuição de espécies em todo o globo, exceto na Antártida, com delimitação morfológica estável desde o estabelecimento da família (ADANSON, 1763; JUSSIEU, 1789; POLHILL; RAVEN, 1981; POLHILL, 1994; LEWIS *et al*, 2005; BELLO *et al*, 2012). Na família são reconhecidos 770 gêneros e 19.500 espécies (LEWIS *et al*, 2005, 2013; LWPG, 2013, 2017), atualmente circunscrita em seis subfamílias: Caesalpinioideae; Cercidoideae; Detarioideae; Dialioideae; Duparquetioideae e Papilionoideae (LWPG, 2017).

No Brasil, ocorrem 2.837 espécies (1.535 endêmicas) agrupadas em 222 gêneros (BFG, 2018). No Maranhão a família mais rica em número de espécies é Fabaceae (447 espécies), variando sua

¹ Graduanda do curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual do Maranhão, Campus Caxias; Bolsista PIBIC/CNPq

² Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Ambiente e Saúde (PPGBAS/UEMA)

³ Doutorando em Biologia Vegetal pelo (PPGBV-UNICAMP)

⁴ Doutor em Ecologia Universidade Estadual do Mato Grosso (UNEMAT), Campus Nova Xavantina

⁵ Professor/Doutor da Universidade Estadual do Maranhão, Campus Caxias, Laboratório de Biologia Vegetal (LABIVE)

ocupação em ambientes de Cerrado, Amazônia e áreas de transição, mas com vários déficits de amostragem, sendo apenas a região Leste do Estado consideravelmente amostrada (GOMES *et al*, 2018).

A subfamília Papilionoideae é a maior quando comparada as demais em número de espécies, reunindo mais de 70% dos representantes de Fabaceae, sustentada em análises filogenéticas e morfológicas como monofilética (DOYLE *et al*, 1997; PENNINGON *et al*, 2001; WOJCIECHOWSKI *et al*, 2004; CARDOSO *et al*, 2012) com 14.000 espécies pertencentes a 503 gêneros e 28 tribos (LWPG, 2017; LEWIS *et al*, 2005).

No Brasil ocorrem 152 gêneros e mais de 1500 espécies de Papilionoideae, Flora do Brasil (2020), distribuídas desde florestas úmidas até áreas secas de Cerrado e Caatinga (Queiroz, 2009), dos gêneros ocorrentes no Brasil, *Crotalaria* (ca. 690 espécies) e *Indigofera* (ca. 700 espécies) são os maiores (TOZZI, 2016).

As espécies de Papilionoideae são representadas por ervas, subarbustos, arbustos, árvores, trepadeiras e lianas, com folhas pinadas, uni a multi-folioladas e pelas flores papilionáceas com simetria zigomorfa e prefloração imbricada vexilar, exceto nas espécies das tribos Sophoreae e Swartzieae que possuem flores geralmente actinomorfas, fruto tipo legume, folículo, lomento, sâmara ou drupa (LEWIS *et al*, 2005; LWPG, 2017).

A subfamília apresenta a maior proporção de espécies capazes de fixar nitrogênio biologicamente através da formação de nódulos

em suas raízes, em simbiose com bactérias diazotróficas. Este é um dos fatores que explica a importância de muitas espécies herbáceas de Papilionoideae que são cultivadas como forrageiras em pastagens (SPRENT, 2001).

O entendimento e registro da biodiversidade fornece suporte para pesquisas futuras da mais diversa natureza, assim a construção de listas de espécies permite identificar centros de endemismo e de diversidade, assim como espécies raras, endêmicas e ameaçadas, esclarecendo dúvidas sobre o potencial vegetacional e fornecendo bases para conservação. Dessa forma, pela importância da subfamília Papilionoideae como um dos elementos dominantes em formações vegetais o projeto teve o objetivo de conhecer a diversidade de Papilionoideae no estado, desenvolvendo o conhecimento botânico da família com a produção de um *Checklist* das espécies de Papilionoideae para o Estado do Maranhão.

METODOLOGIA

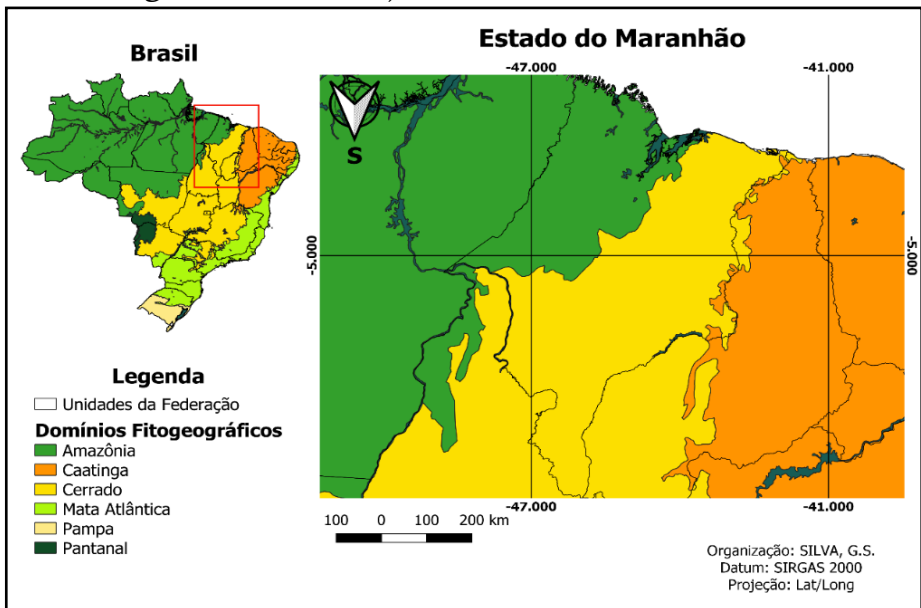
Área de estudo

O Estado do Maranhão, com uma extensão de 333.365,6 km², está localizado em uma área de transição entre três macro regiões (Norte, Nordeste e Centro-Oeste do Brasil) (IBGE, 2017), com destaque para as características climáticas e fitogeográficas ecotonais que favorecem a riqueza de espécies vegetais, abrangendo os domínios fitogeográficos: Amazônia (46%), Cerrado (53%) e

Caatinga (1%) (Fig. 1). O clima é do tipo subúmido seco, com temperatura média anual em torno de 26°C e 27°C, umidade relativa do ar entre 70% a 73%, precipitação pluviométrica entre 1600 a 2000 mm, com duas estações bem definidas, uma chuvosa de janeiro a junho e outra seca, de julho a dezembro (STELLA, 2011; ARAÚJO *et al*, 2016).

O Maranhão compõe a Amazônia Legal, que abrange uma área equivalente a 80% da superfície territorial, cerca de 264 mil km². Nesta área estão localizados 188 municípios do Maranhão (STELLA, 2011).

Figura 1. Delimitação do Estado do Maranhão.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Construção do banco de dados e *Checklist*

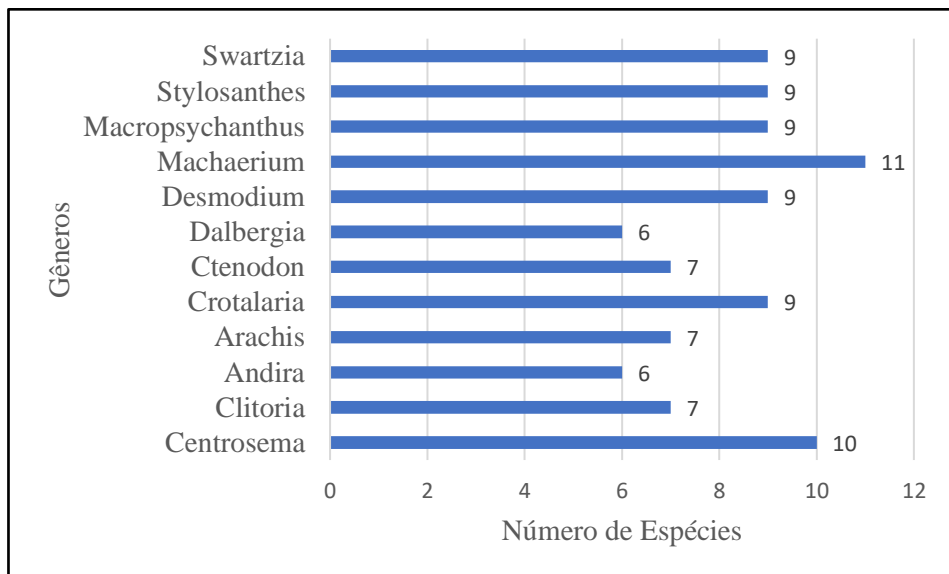
Foi produzido um banco de dados de coletas de Papilionoideae para o Maranhão, com a utilização do sistema de gerenciamento informatizado BRAHMS (Botanical Research And Herbarium Management System, 1990). Os dados foram obtidos das plataformas digitais Re flora (2020), Specieslink (Centro de Referência em Informação Ambiental – CRIA, 2020), GBIF – Global Biodiversity Information Facility (2020), SIBBR (Sistema de informações sobre a biodiversidade brasileira) e dados de coletas de herbários online de herbários internacionais como BM, COL, F, G, GH, INPA, IAN, K, MG, NY, P, RB, US, e W. No banco de dados construído, foi realizado uma limpeza e categorização dos registros, inicialmente dividindo os mesmos em duas classes, sendo uma com os dados considerados válidos e outra com os dados considerados não válidos.

A partir disso, considerou-se um registro de coleta válido, aquele que possuiu *Voucher* (nome do coletor mais o número da coleta), o nome da espécie, determinador da espécie, local da coleta, município ou coordenadas e herbário de depósito. Para esforços de obtenção de todas as informações desses registros, com o intuito de incluir o maior número possíveis de registros na categoria de dados válidos, foram analisadas e adicionadas todas as coordenadas dos registros e padronizadas. Os demais registros que não possuíam essas informações foram inseridos dentro da classe não válida.

Após categorizados, os dados da classe válida foram verificados de forma taxonômica, para detectar se a identificação do registro é confiável. Foi considerado confiável, os registros que foram identificados por especialistas/taxonomistas da área, registros que possuíam mesma determinação em diferentes herbários, e se o registro analisado foi publicado em periódico científico, qualquer registro que não atendeu esses critérios foram considerados não válidos.

Com os dados válidos e verificados de forma taxonômica foi montado um *Checklist* de todas as espécies de Papilionoideae para o Maranhão, o mesmo foi composto com o nome do gênero no qual a espécie pertence, epíteto específico e autor da espécie. Para montagem da lista de espécies foi preconizado o sistema de classificação taxonômico LWPG (2017). Os dados de nomenclatura (nome da espécie, nome do autor), foram avaliados através do site IPNI (International Plant Names Index, 2020), havendo sinonímia foram avaliados de acordo com o MOBOT (Missouri Botanical Garden, 2020), e Flora do Brasil 2020 em construção (2020) (Figura 2).

Figura 2. Gráfico com os gêneros mais representativos de Papilionoideae



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para mensurar a riqueza, composição e diversidade dos táxons, a partir do *Checklist* foram quantificados o número de gêneros e espécies de Papilionoideae presentes no estado, demonstrando quais gêneros e quais espécies são as mais representativas do Maranhão. Foram indicadas as espécies endêmicas para Brasil de acordo com as informações contidas na lista de espécies da Flora de Brasil 2020, além disso, foi mensurado o número dos novos registros para estado maranhense.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 1. Checklist de Papilionoideae catalogadas no estado do Maranhão com indicação do Voucher (Coletor e nº de coleta) e herbário de depósito da exsicata. *: Espécie endêmica do Brasil; !: Espécies não catalogadas para o Maranhão segundo a Flora do Brasil.

| Espécie | Voucher |
|---|---|
| <i>Abrus precatorius</i> L. | Marques, M.C.L.C & Ferreira, J. 100 (HRCB) |
| <i>Aeschynomene ciliata</i> Vogel | Lobato, L.C.B. s.n (HERBMG) |
| <i>Aeschynomene evenia</i> C.Wright & Sauvalle | Jangoux, J. 1088 (NYBG) |
| <i>Aeschynomene filosa</i> Mart. | Lobato, L.C.B. s.n (HERBMG) |
| <i>Aeschynomene sensitiva</i> Sw. | Jangoux, J. s.n (NY) |
| <i>Alysicarpus vaginalis</i> (L.) DC. ! | Castelo, A.J. s.n (MAR) |
| <i>Amphiodon effusus</i> Huber | Daly, C. D., D752 (MG) |
| <i>Ancistrotropis firmula</i> (Mart. ex Benth.) A. Delgado | Snak, C. s.n (MBM) |
| <i>Ancistrotropis peduncularis</i> (Kunth) A. Delgado | Oliveira, R.C. s.n (HEPH) |
| <i>Andira cordata</i> Arroyo ex R.T.Penn. & H.C.Lima * | Arouck Ferreira, J. 322 (RB) |
| <i>Andira fraxinifolia</i> Benth. !* | Castellanos, A. 25336 (FLOR) |
| <i>Andira humilis</i> Mart. ex Benth. * | Fernandes, A., s.n (EAC) |
| <i>Andira inermis</i> (W.Wright) DC. * | Noberto, F., 23 (SLUI) |
| <i>Andira surinamensis</i> (Bondt) Splitg. ex Amshoff | Duarte, L. 602 (RB) |
| <i>Andira vermifuga</i> (Mart.) Benth. | Eiten, G. s.n (SP) |
| <i>Arachis burchellii</i> Krapov. & W.C.Greg. * | Valls, M. F. J. s.n (MO) |
| <i>Arachis dardani</i> Krapov. & W.C.Greg. * | Valls, M. F. J. s.n (CEN) |
| <i>Arachis macedoi</i> Krapov. & W.C.Greg. * | Silva, P. G. s.n (CEN) |
| <i>Arachis palustris</i> Krapov. et al. * | Mota, N.F.O. s.n (HERBMG) |
| <i>Arachis pintoii</i> Krapov. & W.C.Greg. * ! | Paula, V.F., s.n (SLUI) |
| <i>Arachis pusilla</i> Benth. * ! | Eiten, G. s.n (SP) |
| <i>Arachis veigae</i> S.H. Santana & Valls * | Valls, M. F. J. s.n (CEN) |
| <i>Bionia coccinea</i> Mart. ex Benth. * ! | Santos, P.M. s.n (MBM) |

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE,
ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

| | |
|--|---|
| <i>Bionia coriacea</i> (Nees & Mart.) Benth. * | Ratter, A.J.; LIMA, P.V. s.n (MO) |
| <i>Bocoa ratteri</i> H.E.Ireland * | Ratter, J.A. s.n (Kew) |
| <i>Bowdichia nitida</i> Spruce ex Benth.! | Monteiro, R.S. 78 (ESA) |
| <i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth | Castro, A.J. 6430 (RB) |
| <i>Cajanus cajan</i> (L.) Huth | Silva, L.B. s.n (SLUI) |
| <i>Calopogonium caeruleum</i> (Benth.) C.Wrigh | Ducke, A 2310 (RB) |
| <i>Calopogonium mucunoides</i> Desv. | Hatschbach, G. s.n (NY) |
| <i>Canavalia grandiflora</i> Benth. ! | Balickat, J. M. s.n (RB) |
| <i>Canavalia rosea</i> (Sw.) DC. | Fernandes, A. 85 (SLUI) |
| <i>Canavalia rosea</i> (Sw.) DC. | Silberbauer-Gottsberger, I. s.n (NY) |
| <i>Centrosema angustifolium</i> (Kunth) Benth. | Oliveira, R.C. s.n (HEPH) |
| <i>Centrosema brasilianum</i> (L.) Benth. | J. Jangoux 1078 (RB) |
| <i>Centrosema carajasense</i> Cavalcante * ! | Pereira, B.J. s.n (CEN) |
| <i>Centrosema macrocarpum</i> Benth. | Lisboa 1309 (RB) |
| <i>Centrosema platycarpum</i> Benth. | Coradin, L. 7980 (RB) |
| <i>Centrosema plumieri</i> (Turpin ex Pers.) Benth. | Rosa, A. N. s.n (NY) |
| <i>Centrosema pubescens</i> Benth. | Lisboa . A 50 (RB) |
| <i>Centrosema schottii</i> Schum. | Eiten, G. s.n (UB) |
| <i>Centrosema venosum</i> Mart. ex Benth. | Eiten, G. s.n (NY) |
| <i>Centrosema vexillatum</i> Benth. | Eiten, G. s.n (SP) |
| <i>Cerradicola elliptica</i> (Desv) L.P.Queiroz | Eiten, G. & Eiten, T. s.n (MO) |
| <i>Clitoria arborea</i> Benth. | Jangoux, J. s.n (HERBMG) |
| <i>Clitoria fairchildiana</i> R.A.Howard * | Sousa, G., 2 (SLUI) |
| <i>Clitoria falcata</i> Lam. | Oliveira, R.C. s.n (HEPH) |
| <i>Clitoria guianensis</i> (Aubl.) Benth. | Oliveira, R.C. s.n (HEPH) |
| <i>Clitoria laurifolia</i> Poir. | Gottsberger, S.I. s.n (NY) |
| <i>Clitoria simplicifolia</i> (Kunth) Benth. | Simon, F.M. s.n (CEN) |
| <i>Clitoria stipularis</i> Benth. ! | Museu Goeldi 10387 |
| <i>Cratylia argentea</i> (Desv.) Kuntze | Snak, C. 997 (HUEFS) |

| | |
|---|--|
| <i>Cratylia isopetala</i> (Lam.) L.P.Queiroz *! | <i>Santos, P.M. 513 (SLUI)</i> |
| <i>Crotalaria breviflora</i> DC. !* | <i>Silva, M.S. s.n (SLUI)</i> |
| <i>Crotalaria goreensis</i> Guill. et Perro ! | <i>Silva, M.S. s.n (SLUI)</i> |
| <i>Crotalaria incana</i> L. ! | <i>Silva, F.F.M. s.n (NY)</i> |
| <i>Crotalaria laeta</i> Mart. ex Benth. * | <i>Félix, L.P. 8093 (HUEFS)</i> |
| <i>Crotalaria maypurensis</i> Kunth | <i>Oliveira, R.C. s.n (UEC)</i> |
| <i>Crotalaria retusa</i> L. | <i>Carvalho, O. s.n (RB)</i> |
| <i>Crotalaria spectabilis</i> Röth | <i>Brelaz, A. s.n (MAR)</i> |
| <i>Crotalaria stipularia</i> Desv. | <i>Eiten, G. & Eiten, L.T. 4346 (NY)</i> |
| <i>Crotalaria vitellina</i> Ker Gawl. ! | <i>Eiten, G. s.n (NY)</i> |
| <i>Ctenodon brasilianus</i> (Poir.) D.B.O.S.Cardoso, P.L.R.Moraes & H.C.Lima | <i>Coradin, L. s.n (CEN)</i> |
| <i>Ctenodon brevipes</i> (Benth.) D.B.O.S.Cardoso, P.L.R.Moraes & H.C.Lima * | <i>Rodrigues, M.L. s.n (HERBMG)</i> |
| <i>Ctenodon histrix</i> (Poir.) D.B.O.S.Cardoso, P.L.R.Moraes & H.C.Lima | <i>Mota, N.F.O. s.n (HERBMG)</i> |
| <i>Ctenodon marginatus</i> (Benth.) D.B.O.S.Cardoso, P.L.R.Moraes & H.C.Lima | <i>Eiten, G. s.n (SP)</i> |
| <i>Ctenodon paniculatus</i> (Willd. ex Vogel) D.B.O.S.Cardoso, P.L.R.Moraes & H.C.Lima | <i>Plowman, C. T. s.n (NY)</i> |
| <i>Ctenodon paucifolius</i> (Vogel) D.B.O.S.Cardoso, Filardi & H.C.Lima * | <i>Oliveira, RC. s.n (UEC)</i> |
| <i>Ctenodon racemosus</i> (Vogel) D.B.O.S.Cardoso, Filardi & H.C.Lima ! | <i>Coradin, L. s.n (RB)</i> |
| <i>Cymbosema roseum</i> Benth. | <i>Jangoux, J. 493 (NY)</i> |
| <i>Dahlstedtia araripensis</i> (Benth.) M.J. Silva & A.M.G. Azevedo | <i>Silva, A.E. 69 (PEUFR)</i> |
| <i>Dalbergia cearenses</i> Ducke * | <i>Lacerda, D.M.A. s.n (MAR)</i> |
| <i>Dalbergia ecastaphyllum</i> (L.) Taub. | <i>Pinheiro, R.S. 38 (MAR)</i> |
| <i>Dalbergia miscolobium</i> Benth. ! | <i>Barbosa, RAA IFN-7205492.2 (UB)</i> |

| | |
|--|-------------------------------------|
| <i>Dalbergia monetaria</i> L.f. | Silva, P.G. s.n (CEN) |
| <i>Dalbergia riparia</i> (Mart. ex Benth.) Benth. | Fernandes, A. s.n (EAC) |
| <i>Dalbergia spruceana</i> Benth. | Silva, F.F.M. s.n (NY) |
| <i>Deguelia nitidula</i> (Benth.) A.M.G.Azevedo & R.A.Camargo | Miranda, C.A. 103 |
| <i>Deguelia utilis</i> (A.C.Sm.) A.M.G.Azevedo ! | Froes, L. R. s.n (NY) |
| <i>Desmodium affine</i> Schltldl. | Eiten, G. s.n (NY) |
| <i>Desmodium axillare</i> (Sw.) DC. | Silva, C. T., 24 (MAR) |
| <i>Desmodium barbatum</i> (L.) Benth. | Amorim, I.F.F 220 (MAR) |
| <i>Desmodium distortum</i> (Aubl.) J.F.Macbr. | Eiten, G. & Eiten, T.L. s.n (MO) |
| <i>Desmodium incanum</i> (Sw.) DC. | Carvalho, O 1A (SP) |
| <i>Desmodium procumbens</i> (Mill.) Hitchc. | Coradim, L. 2646 (CEN) |
| <i>Desmodium sclerophyllum</i> Benth. ! | Snak, C. s.n (MBM) |
| <i>Desmodium tortuosum</i> (Sw.) DC. ! | Coradin, L. s.n (NY) |
| <i>Desmodium triflorum</i> (L.) DC. | Rosa, N.A. s.n (MG) |
| <i>Dioclea guianensis</i> Benth. ! | Araújo, A 82 (IAN) |
| <i>Dioclea virgata</i> (Rich.) Amshoff | Nunes, E. s.n (UFRN) |
| <i>Dipteryx alata</i> Vogel | Miranda, A.M. 5256 (HRCB) |
| <i>Dipteryx lacunifera</i> Ducke* | Froes, L.R. s.n (NY) |
| <i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Forsyth f. | Vieira, F.R. s.n (CEN) |
| <i>Eriosema congestum</i> Benth. * | Oliveira, R.C. s.n (UEC) |
| <i>Eriosema crinitum</i> (Kunth) G.Don | Eiten, G. s.n (NY) |
| <i>Eriosema rufum</i> (Kunth) G.Don | Plowman, C.T. s.n (NY) |
| <i>Eriosema simplicifolium</i> (DC.) G.Don | Oliveira, R.C. s.n (HEPH) |
| <i>Eriosema violaceum</i> (Aubl.) G.Don ! | Silva, P.G. s.n (CEN) |
| <i>Erythrina amazonica</i> Krukoff | Froes, L.R. s.n (NY) |
| <i>Erythrina mulungu</i> Mart. ! | Ratter, JA 6799 (UB) |
| <i>Erythrina verna</i> Vell. * | Ratter, A.J. s.n (UB) |
| <i>Galactia glaucescens</i> Kunth | Snak, C. s.n (MBM) |
| <i>Galactia jussiaeana</i> Kunth | Oliveira, R.C. s.n (HEPH) |

| | |
|---|---|
| <i>Galactia striata</i> (Jacq.) Urb. | Santos, A.L.E. s.n (EAC) |
| <i>Harpalyce brasiliana</i> Benth. | Snak, C. 949 (HUEFS) |
| <i>Indigofera blanchetiana</i> Benth. * ! | Nina, R., 33 (SLUI) |
| <i>Indigofera hirsuta</i> L. | Silva, A.N.F. 708 (MAR) |
| <i>Indigofera lespedezioides</i> Kunth | Eiten, G. s.n (SP) |
| <i>Indigofera microcarpa</i> Desv. * | Rodrigues, M.L. s.n (HERBMG) |
| <i>Indigofera suffruticosa</i> Mill. | Frões, RL 34514 (UB) |
| <i>Lecointea amazonica</i> Ducke ! | Daly, D.C. 484 (INPA) |
| <i>Leptolobium dasycarpum</i> Vogel | Barbosa, R.A.A. IFN- 8353812.10 (UB) |
| <i>Leptolobium nitens</i> Vogel * | Pereira-Silva, G. 12596 (CEN) |
| <i>Leptospron adenanthum</i> (G.Mey.) A.Delgado ! | Botão e Machado, F.P. 23 (MAR) |
| <i>Lonchocarpus sericeus</i> (Poir.) Kunth ex DC. | Rosa, N.A. 2485 (US) |
| <i>Luetzelburgia auriculata</i> (Allemão) Ducke | Eiten, G. & Eiten, T. s.n (MO) |
| <i>Luetzelburgia bahiensis</i> Yakovlev *! | Silva, E.A. s.n (HUCPE) |
| <i>Luetzelburgia praecox</i> (Harms) Harms | Soares, A.J. s.n (HUCPE) |
| <i>Machaerium acutifolium</i> Vogel | Ducke, A. s.n (RB) |
| <i>Machaerium amplum</i> Benth. | Tyski, L. s.n (HUEFS) |
| <i>Machaerium aristulatum</i> (Spruce ex Benth.) Ducke | Sousa, M.O. 531 (IAN) |
| <i>Machaerium brasiliense</i> Vogel | Campos, E.A.R. s.n (MAR) |
| <i>Machaerium duckeanum</i> Hoehne ! | Figueiredo, N. s.n (MAR) |
| <i>Machaerium ferox</i> (Mart. ex Benth.) Ducke | Jangoux, J. s.n (NY) |
| <i>Machaerium inundatum</i> (Mart. ex Benth.) Ducke | Frões, R.L. 28506 (IAN) |
| <i>Machaerium isadelphum</i> (E.Mey.) Amshoff | Coradin, L. s.n (CEN) |
| <i>Machaerium lunatum</i> (L.f.) Ducke | Paula, J.E. 1075 (UB) |
| <i>Machaerium quinata</i> (Aubl.) Sandwith | Froes, L.R. s.n (NY) |
| <i>Machaerium salzmännii</i> Benth. *! | Figueiredo, N. 1152 (MAR) |
| <i>Macropsychanthus bicolor</i> (Benth.) L.P. Queiroz & Snak | Eiten, G. s.n (NY) |

| | |
|---|---|
| <i>Macropsychanthus coriaceus</i> (Benth.) L.P.Queiroz & Snak | <i>Eiten, G. s.n</i> (NY) |
| <i>Macropsychanthus glaber</i> L.P.Queiroz & Snak | <i>Snak, C. s.n</i> (MBM) |
| <i>Macropsychanthus grandiflorus</i> (Mart. ex Benth.) L.P.Queiroz & Snak! | <i>Saraiva, R.V.C. 186</i> (SLUI) |
| <i>Macropsychanthus latifolius</i> (Benth.) L.P.Queiroz & Snak *! | <i>Silva, M.F.F. da 1086</i> (INPA) |
| <i>Macropsychanthus megacarpus</i> (Rolfe) L.P.Queiroz & Snak | <i>Eiten, G. s.n</i> (NY) |
| <i>Macropsychanthus rufescens</i> (Benth.) L.P.Queiroz & Snak *! | <i>Eiten, G. s.n</i> (UB) |
| <i>Macropsychanthus sclerocarpus</i> (Ducke) L.P.Queiroz | <i>Ducke, A. 1958</i> (R) |
| <i>Macropsychanthus violaceus</i> (Mart. ex Benth.) L.P.Queiroz & Snak ! | <i>Daly, DC 651</i> (INPA) |
| <i>Macroptilium atropurpureum</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Urb. | <i>Coradin, L. s.n</i> (RB) |
| <i>Macroptilium bracteatum</i> (Nees & Mart.) Maréchal & Baudet ! | <i>Eiten, G. & Eiten, T. s.n</i> (MO) |
| <i>Macroptilium erythroloma</i> (Mart. ex Benth.) Urb. ! | <i>Gostinski; Oliveira, 47</i> (MAR) |
| <i>Macroptilium gracile</i> (Poepp. ex Benth.) Urb. * | <i>Eiten, G. s.n</i> (UB) |
| <i>Macroptilium lathyroides</i> (L.) Urb. | <i>Coradin, L. 2256</i> (HUEFS) |
| <i>Mucuna sloanei</i> Fawc. & Rendle | <i>Jangoux, J. 1043</i> (NYBG) |
| <i>Mucuna urens</i> (L.) Medik. | <i>Jangoux, J. 412</i> (NYBG) |
| <i>Muelleria monilis</i> (L.) M.J. Silva & A.M.G. Azevedo | <i>Freitas, L.R. s.n</i> (G) |
| <i>Myrocarpus frondosus</i> Allemão ! | <i>Muniz, H.F. MB1664-40</i> (SLUI) |
| <i>Neustanthus phaseoloides</i> (Roxb.) Benth. ! | <i>Ribeiro, M., s.n</i> (MAR) |
| <i>Nissolia bracteosa</i> (Rudd) T.M.Moura & Fort.- Perez * | <i>Ducke, A. 688</i> (RB) |
| <i>Ormosia coutinhoi</i> Ducke ! | <i>Rosa, A. N. s.n</i> (NY) |
| <i>Ormosia flava</i> (Ducke) Rudd | <i>Froes, L.R. s.n</i> (NY) |

| | |
|--|--|
| <i>Ormosia holerythra</i> Ducke ! | Boris A. Krukoff Krukoff, 1913 (MO) |
| <i>Ormosia paraensis</i> Ducke * | Froes, L.R., s.n (NY) |
| <i>Ormosia stipularis</i> Ducke | Prance, T.G., s.n (NY) |
| <i>Pachyrhizus erosus</i> (L.) Urb. | Eiten, G. & Eiten, T. s.n (MO) |
| <i>Pachyrhizus tuberosus</i> (Lam.) Spreng. | Eiten, G., s.n (SP) |
| <i>Periandra coccinea</i> (Schrad.) Benth. * | Castro, A.J. 6293 (UFRN) |
| <i>Periandra gracilis</i> H.S.Irwin & Arroyo *! | Snak, C. s.n (MBM) |
| <i>Periandra heterophylla</i> Benth. | Snak, C. s.n (MBM) |
| <i>Periandra mediterranea</i> (Vell.) Taub. | Martins, P., 6199 (UFRN) |
| <i>Phaseolus lunatus</i> L. ! | Eiten, G., s.n (SP) |
| <i>Phaseolus vulgaris</i> L. | Gostinski; Oliveira, 43 (MAR) |
| <i>Platymiscium floribundum</i> Vogel * | Figueiredo, N. 14 (MAR) |
| <i>Platymiscium trinitatis</i> Benth. | Figueiredo, N. s.n (MAR) |
| <i>Platypodium elegans</i> Vogel | Taylor, L.E. s.n (NY) |
| <i>Psophocarpus tetragonolobus</i> (L.) DC. | Andrade, M.C. s.n (MAR) |
| <i>Pterocarpus officinalis</i> Jacq. | Fróes, L.R. 1781 (NYBG) |
| <i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl ! | Daly, D.C. s.n (HERBMG) |
| <i>Pterocarpus santalinoides</i> L'Hér. ex DC. | Rodrigues, M.L. s.n (HERBMG) |
| <i>Pterodon emarginatus</i> Vogel | Daly, C. D., s.n (NY) |
| <i>Pueraria montana</i> (Lour.) Merr. ! | Santos, A.L.E., s.n (EAC) |
| <i>Rhynchosia melanocarpa</i> Grear | Fernandes, A. ,6447 (UFRN) |
| <i>Rhynchosia minima</i> (L.) DC. | Black, A.G. s.n (NY) |
| <i>Rhynchosia phaseoloides</i> (Sw.) DC. | Froes, L.R. s.n (NY) |
| <i>Sesbania emerus</i> (Aubl.) Urb. ! | Eiten, G. s.n (NY) |
| <i>Sesbania exasperata</i> Kunth. | Alencar, E. M., s.n (TEPB) |
| <i>Sesbania herbacea</i> (Mill.) McVaugh | Eiten, G. & Eiten, T. L., s.n (MO) |
| <i>Sesbania sesban</i> (L.) Merr. | Silva, P. G. s.n (CEN) |
| <i>Soemmeringia semperflorens</i> Mart. | Rosa, A. N. s.n (NY) |

| | |
|---|-----------------------------------|
| <i>Stylosanthes angustifolia</i> Vogel | Mota, N.F.O. s.n (HERBMG) |
| <i>Stylosanthes capitata</i> Vogel | Coradin, L. 2226 (BOTU) |
| <i>Stylosanthes gracilis</i> Kunth | Oliveira, C. R., 1228 (RB) |
| <i>Stylosanthes guianensis</i> (Aubl.) Sw. | Assis, S. J., 018 (RB) |
| <i>Stylosanthes humilis</i> Kunth | Eiten, G., 4002 (NYBG) |
| <i>Stylosanthes nunoi</i> Brandão * | Coradin, L. s.n (CEN) |
| <i>Stylosanthes pilosa</i> M.B.Ferreira & Sousa Costa * | Coradin, L. s.n (CEN) |
| <i>Stylosanthes scabra</i> Vogel | Eiten, G. s.n (NY) |
| <i>Stylosanthes viscosa</i> (L.) Sw. | Coradin, L. 2662 (IPA) |
| <i>Swartzia acutifolia</i> Vogel * | Pereira-Silva, G., s.n (CNMT) |
| <i>Swartzia apetala</i> Raddi ! * | Sousa, C.A. IFN-3597054.1 (UB) |
| <i>Swartzia brachyrachis</i> Harms | Baleê, L.W. s.n (NY) |
| <i>Swartzia flaemingii</i> Raddi * | Pires, M.J. 2127 (NYBG) |
| <i>Swartzia laurifolia</i> Benth. * | Daly, C.D. s.n (NY) |
| <i>Swartzia leptopetala</i> Benth. ! | Daly, C.D. s.n (NY) |
| <i>Swartzia macrostachya</i> Benth. ! * | Silva, I.A. IFN-1522912.1 (UB) |
| <i>Swartzia multijuga</i> Voguel *! | Silva, P.G. s.n (CEN) |
| <i>Swartzia psilonema</i> Harms * | Ducke, A. s.n (RB) |
| <i>Taralea oppositifolia</i> Aubl. | Jangoux, J. 244 (RB) |
| <i>Tephrosia adunca</i> Benth. * | Fernandes, A. s.n. (EAC) |
| <i>Tephrosia domingensis</i> (Willd.) Pers. | Eiten, G., s.n (NY) |
| <i>Tephrosia sinapou</i> (Buc'hoz) A.Chev. | Balick, M.J. 1507 (RB) |
| <i>Trischidium decipiens</i> (R.S.Cowan) H.E.Ireland | Lobo, A.G.M. s.n (NY) |
| <i>Trischidium molle</i> (Benth.) H.E.Ireland !* | Miranda, C.A. 110 (RB) |
| <i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke | Silva-Moraes, H.G. s.n (SP) |
| <i>Vicia faba</i> L. | Ramos, M. s.n (MAR) |
| <i>Vigna lasiocarpa</i> (Mart. ex Benth.) Verdc. ! | Carvalho, E., 7 (SP) |
| <i>Vigna luteola</i> (Jacq.) Benth. ! | Lima, G. P., 316 (MAR) |
| <i>Zollernia ilicifolia</i> (Brongn.) Vogel ! | Menandro, M.S. 103 (RB) |
| <i>Zollernia paraensis</i> Huber ! | Daly, C.D. s.n (NY) |

| | |
|---|--------------------------------------|
| <i>Zornia brasiliensis</i> Vogel ! | <i>Coradin, L. s.n</i> (UEC) |
| <i>Zornia curvata</i> Mohlenbr. | <i>Campos e Saldanha 21</i> (MAR) |
| <i>Zornia guanipensis</i> Pittier | <i>Lisboa, A. 9</i> (RB) |
| <i>Zornia latifolia</i> Sm. | <i>Plowman, C.T. s.n</i> (NY) |
| <i>Zornia marajoara</i> Huber | <i>Tsugaru, S. s.n</i> (NY) |
| <i>Zornia reticulata</i> Sm. | <i>Eiten, G. s.n</i> (NY) |
| <i>Zornia sericea</i> Moric. | <i>Plowman, T.C. et al. s.n</i> (MO) |

Fonte: Elaborado pelo autor

No trabalho realizado a subfamília Papilionoideae se mostrou diversa e rica, sendo amplamente distribuída em 67 gêneros e 216 espécies, é a subfamília mais rica em número de espécies em Fabaceae (SARTORI *et al*, 2015). Essa diversidade está associada com a sua alta capacidade de fixação biológica de nitrogênio atmosférico, visto que apresentam interações simbióticas com bactérias fixadoras de nitrogênio, o que proporciona adaptação nos mais variados ambientes terrestres (PEREIRA, 2016).

Para o levantamento *Machaerium* Pers. foi o gênero mais diverso no estado do Maranhão em Papilionoidae, sendo reconhecidas 11 espécies. Esse gênero está bem representado contendo cerca de 130 espécies apresentando distribuição neotropical, do sul do México ao norte da Argentina. Há o reconhecimento de dois grupos distintos, onde um deles apenas com espécies que ocorrem do sul do México até a região Amazônica e o outro com espécies que tomam o centro-sul do continente até o norte da Argentina. No Brasil, o centro de diversidade do gênero

Machaerium abrange aproximadamente 75 espécies que são distribuídas nos mais variados domínios fitogeográficos, onde 44 dessas são endêmicas. Quanto aos domínios fitogeográficos, as maiores riquezas e endemismo se encontra nos Domínios Atlântico e Amazônico, enquanto os domínios do Cerrado, abrangendo o pantanal, e da Caatinga agrupam um número maior de representantes que também acontecem em outros domínios fitogeográficos (FLORA DO BRASIL 2020).

Foram registradas 49 espécies endêmicas para o Brasil, número bastante significativo, pois essas espécies compõe um ponto focal de preservação dos ecossistemas, precisamente pelo fato de serem exclusivas do país. A conservação de áreas é de suma importância, visto que muitas espécies são endêmicas de determinadas extensões, assim sendo se faz necessário que sejam identificadas e reconhecidas, e a partir disso, identificar *hotspots* com maior biodiversidade, investindo em projetos de conservação tanto em nível nacional como em nível estadual. Com a possível conservação dessas áreas é provável que muitas espécies se ausentem da lista de espécies de plantas ameaçadas de extinção (GIULIETTI, 2005).

O Maranhão possui uma espécie de Papilionoidae exclusiva do estado, sendo ela: *Swartzia fraterna* R.S.Cowan. A espécie foi descrita em 1940 sendo coletada na Cidade de Carutapera, representada apenas por uma coleção (Fróes 1904), após esse

registro nenhuma outra coleta da espécie foi realizada desenvolvendo uma lacuna de 80 anos de conhecimento para o grupo. Dessa forma a espécie pode ser mencionada como possivelmente extinta da natureza segundo os critérios IUCN.

A lista verificada contribui com a adição de 53 novos registros para o Estado do Maranhão de acordo com Flora do Brasil (2020), dados esses importantes para diminuir as lacunas do conhecimento sobre a composição e distribuição das espécies, uma vez que a persistência de lacunas tão expressivas no conhecimento pode ter sérias implicações para a conservação da biodiversidade, tendo em vista a quantidade significativa de espécies que apresentaram números muito baixos de registros e de áreas consideradas mal amostradas, somadas a existência de poucas áreas de proteção integral, evidenciando um risco corrente de perdas significativas de diversidade biológica (PEREIRA, 2016).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o resultado da pesquisa foi realmente verificado um número exato de Papilionoideae para o estado do Maranhão o que auxilia na realização de estudos futuros de várias linhas de pesquisas e reconhece o estado como o segundo mais diverso no Nordeste brasileiro, considerando a subfamília mais rica do País. Outro ponto importante foi o registro de um número significativo de novas ocorrências de espécies de Papilionoideae para o Maranhão, o que

permite a visualização da importância de estudos sobre a análise da composição florísticas de áreas ou estados alinhados a bioinformática e/ou digitalização de coleções botânicas, colaborando no conhecimento das espécies. A pesquisa ainda contribuiu para o aumento do conhecimento sobre a flora maranhense, indicando uma espécie endêmica apontando para uma preocupação sobre a consolidação de ações de conservação dentro do estado maranhense.

REFERÊNCIAS

ADANSON, M. 1763. **Familles des plantes**. Vol. 2. Paris: chez Vincent. 640pp.

ARAÚJO, S. L.; SILVA, G. B., TORRESAN, E. F., LUIZ, V., VICTORIA, D., VICENTE, E. L., BOLFE, L. E., MANZATTO, C. **Conservação da Biodiversidade do Estado do Maranhão: cenário atual em dados geoespaciais**. Embrapa Meio Ambiente Jaguariúna, São Paulo, 2016.

BELLO, M. A.; RUDALL, P.J.; HAWKINS, J.A. 2012. Combined phylogenetic analyses reveal interfamilial relationships and patterns of floral evolution in the eudicot order Fabales. **Cladistics**. 28: 393–421.

CARDOSO, D.; QUEIROZ, L.P.; PENNINGTON, R. T.; LIMA, H.C.; FONTY, E.; WOJCIECHOWSKI, M. F.; LAVIN, M. Revisiting the Phylogeny of Papilionoid Legumes: New Insights from Comprehensively Sampled Early-Branching Lineages. **American Journal of Botany**. 99(12): 1–23, 2012.

CRIA. **Specieslink**. Centro de Referência em Informação Ambiental. 2020. Disponível em: <http://www.cria.org.br/>. Acesso em: 10/05/2020

DOYLE, J.; DOYLE, J.; BALLENGER, J.; DICKSON, E.; KAJITA, T.; OHASHI, H. A phylogeny of the chloroplast gene *rbcL* in the Leguminosae: taxonomic correlations and insights into the evolution of nodulation. **American Journal of Botany**. 84(4): 541-554, 1997. PMID: 21708606.

FLORA DO BRASIL 2020. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: <http://www.floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB582479> Acesso em: 26/08/2021.

GBIF. **Global Biodiversity Information Facility**. 2020. Disponível em: <https://www.gbif.org/pt/>. Acesso em 10/05/2020.

GIULIETTI, M. A. **Biodiversidade e conservação das plantas no Brasil**. 2005. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/BIOD_ConservacaoID-eWNPnpKEJw.pdf. Acesso: 20/08/2021.

GOMES, G. S.; SOUSA, G. S.; CONCEIÇÃO, G.M. **Leguminosae: Florística e Taxonomia de áreas de Cerrado do Maranhão, Nordeste do Brasil**. 2019. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/6364>. Acesso: 2021.

IBGE. **Território e ambiente do Maranhão**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2017. Disponível em: < <http://www.https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/panorama>, Acesso em: 18/08/2021.

JUSSIEU, A. L. 1789. **Genera plantarum**. Paris: apud viduam Herissant et Theophilum Barrois. 498pp.

LEWIS, G. P.; SCHRIRE, B.; MACKINDER, B. E LOCK, M. **Legumes of the World**. Royal Botanic Gardens Kew. 2005.

LPWG. Legume Phylogeny Working Group. A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny. **Taxon**. v. 66, n.1, p. 44-77, 2017.

LPWG. Legume Phylogeny Working Group. Legume phylogeny and classification in the 21st century: Progress, prospects and lessons for other species-rich clades. **Taxon**. v. 62, p. 217-248, 2013.

MOBOT. **Missouri Botanical Garden**. 2020. Disponível em: <https://www.missouribotanicalgarden.org/> Acesso em: 26/08/2021.

PENNINGTON, R.T.; LAVIN, M.; IRELAND, H.; KLITGAARD, B.B.; PRESTON, J.; HU, J.M. 2001. Phylogenetic relationships of basal papilionoid legumes based upon sequences of the chloroplast trnL intron. **Systematic Botany**. 26: 537-556.

PEREIRA, C. T. **O desconhecido do pouco conhecido: padrão espacial de riqueza e lacunas de conhecimento em plantas (fabales: fabaceae) na caatinga**. Tese de doutorado apresentada ao programa de pós graduação em ecologia e conservação. São Cristóvão – SE, 43 pag. 2016.

POLHILL, R.M. 1994. Classification of the Leguminosae & complete synopsis of legume genera. *In*: Bisby, F.A.; Buckingham, J.; Harborne, J. B. **Phytochemical Dictionary of the Leguminosae**. Vol. 1. Plants and their constituents. Chapman & Hall, London. p. 35-52.

POLHILL, R.M.; Raven, P.H. 1981. **Advances in legume systematics**. Vol. 1. Richmond, U.K.: Royal Botanic Gardens, Kew. 1050pp.

QUEIROZ, L.P. 2009. **Leguminosas da caatinga**. Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana. 467pp.

REFLORA. **Herbário Virtual**. 2020. Disponível em:
<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/herbarioVirtual/> Acesso em:
26/08/2021.

SATORI, A. L. B. **Check-list das Leguminosae do Estado de Mato Grosso do Sul**. 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1094114/check-list-das-leguminosae-do-estado-de-mato-grosso-do-sul>. Acesso: 25/08/2021.

SPRENT, J. I. **Nodulation in legumes**. Kew: The Cromwell Press, p. 146, 2001.

STELLA, A. **Plano de prevenção e controle do desmatamento e queimadas do Maranhão**. São Luís: SEMA, p. 120, 2011.

TOZZI AGMA (2016) **Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo**, Volume 8 FAPESP – FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO São Paulo São Paulo: Instituto de Botânica.

WOJCIECHOWSKI M. F.; LAVIN M.; SANDERSON, M, J. A phylogeny of legumes (Leguminosae) based on analysis of the plastid matK gene resolves many well-supported subclades within the family. **Am J Bot.** 2004 Nov;91(11):1846-62. doi: 10.3732/ajb.91.11.1846. PMID: 21652332.

**VARIABILIDADE GENÉTICA DE TUCUNARÉS (CICHLIDAE,
CICHLIFORMES) INTRODUZIDOS NA BACIA DO RIO
MEARIM/MA.**

Francisca Karoline Marinho Ferreira¹

Marcelo Silva de Almeida²

Maria Claudene Barros³

Elmary da Costa Fraga⁴

INTRODUÇÃO

Cerca de 60.000 espécies de vertebrados já foram descritas, destas 32.000 (53%) são peixes, e esse número só faz crescer ano a ano, sendo que o Brasil é um dos países que lideram novas descobertas (NELSON *et al.*, 2016). Nenhum outro grupo animal iguala os peixes no seu domínio dos mares, lagos e rios (HICKMAN *et al.*, 2016). O Brasil abriga grande parte dos peixes neotropicais, com 4.697 espécies já registradas (FROESE; PAULY, 2019). A alta diversidade de peixes de água doce do Brasil deve-se principalmente à presença de grandes sistemas hidrográficos, com considerável distinção ictiofaunística entre si, além de apresentar condições climáticas apropriadas (ICMBIO, 2016). Entretanto, deve-se enfatizar que o número de espécies para o país tende a aumentar, pois as amostragens ainda são insuficientes e muitas áreas permanecem

¹ Graduando em Ciências Naturais, Centro de Estudos Superiores de Caxias – CESC/UEMA; Bolsista PIBIC/UEMA, Caxias-MA.

² Pós-Graduando em Ecologia e Conservação da Biodiversidade, Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, São Luís-MA.

³ Doutora em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Pará, Centro de Estudos Superiores de Caxias CESC/UEMA, Caxias-MA.

⁴ Doutor em Genética e Biologia Molecular Universidade Federal do Pará, Centro de Estudos Superiores de Caxias – CESC/UEMA, Caxias-MA

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE,
ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
inexploradas (ALVES *et al.*, 2014), como é o caso dos afluentes Flores
e Pindaré da bacia do rio Mearim/MA.

Entre os vários grupos encontrados na região Neotropical um dos mais importantes é a família Cichlidae, pertencente à ordem Cichliformes, apresenta espécies que vão desde pequeno até grande porte. Caracteriza-se como uma das mais diversas nos ecossistemas de água doce, com 1.707 espécies (CAS, 2017). Esta família tem sido objeto de muitas pesquisas filogenéticas (LOPEZ-FERNANDEZ *et al.*, 2010).

As espécies do gênero *Cichla* (tucunarés) estão entre os predadores mais conspícuos possuindo grande plasticidade fenotípica e oferecem cuidados com sua prole, motivos estes que as tornam invasoras de alto impacto ambiental (GASQUES *et al.*, 2014). Estes peixes distribuem-se nas bacias da Amazônia, Tocantins e Orinoco, além de rios menores que drenam as Guianas até o Oceano Atlântico. São registrados ainda nos rios Paraná, Paraguai, Paraíba do Sul e Paraguaçu. O gênero compreende 15 espécies reconhecidas por caracteres externos, dos quais o padrão cor e os caracteres merísticos são os mais significativos (KULLANDER; FERREIRA, 2006).

Os tucunarés estão entre os principais recursos para alimentação e pesca esportiva em várias regiões do continente sul-americano (KULLANDER; FERREIRA, 2006), sendo então, peixes alóctones quando introduzidos em diversas bacias que não são de sua origem no Brasil (AGOSTINHO; JÚLIO JR, 1999; CHELLAPPA *et al.*,

2003; KOVALENKO *et al.*, 2010) e podem impactar significativamente comunidades nativas devido ao seu comportamento agressivo e piscívora voraz (AGOSTINHO *et al.*, 2007) podendo colonizar rapidamente ambientes com condições favoráveis (FUGI *et al.*, 2008).

A introdução de espécies de peixes, seja intencional ou não, pode têm um impacto negativo nas comunidades locais (PELICICE; AGOSTINHO, 2009; SHARP *et al.*, 2017), o fato de as espécies invasoras serem altamente eficientes na competição por recursos, terem alta capacidade reprodutiva e de dispersão, faz com que dominem os ambientes em que são introduzidas (PIVELLO, 2011). No Brasil pouco é conhecido sobre a origem das populações de tucunarés introduzidos, bem como, sua identificação taxonômica e número de indivíduos (ALMEIDA *et al.*, 2008). Em várias regiões tem sido utilizado para peixamentos em barragens e açudes, por ter uma carne excelente e apresentar qualidades para a pesca esportiva (NASCIMENTO; CATELLA; MORAES, 2002).

A falta de conhecimento deixa evidente a grande necessidade de intensificar esforços e com isso desenvolver pesquisas a fim de suprir essa insuficiência (VLIEGER, 2017). Propostas para amenizar esse problema incluem abordagens como a taxonomia integrativa (DAYRAT, 2005) e “turbo-taxonômico” (RIEDEL *et al.*, 2013) nas quais a identificação baseada no DNA atrela-se à descrição morfológica e imagens de alta resolução (PUGEDO *et al.*, 2016). A

identificação de espécimes em nível específico permite a descoberta de novas espécies, um indicativo a ser investigado nessa bacia (MORAES, 2016).

Diante disso, estudos genéticos de peixes são de extrema importância, uma vez que o grupo está na base da evolução dos vertebrados superiores, desta forma, compreender sua história evolutiva é entender a evolução de todos os vertebrados, inclusive de nossa própria espécie (HELFMAN *et al.*, 2009). E, dentre as ferramentas utilizadas neste tipo de estudo está a genética molecular. Portanto, diversos genes ou regiões do DNA têm sido historicamente empregados como marcadores moleculares para a identificação de espécies com base em suas divergências genéticas – tais como o rRNA 16S e o Citocromo *b* obtidos do genoma mitocondrial (HAJIBABAEI *et al.*, 2007).

Com isso, estudos genéticos de populações de *Cichla* (tucunaré), introduzidas nas bacias maranhenses e seus afluentes, são de amplo valor ecológico, por fornecerem informações que poderão auxiliar para uma melhor caracterização taxonômica e nortear métodos de manejo e estudos de ecologia apropriados as espécies do gênero. Portanto, o presente estudo tem como proposta identificar e caracterizar variabilidade genética espécies do gênero *Cichla* introduzidas na bacia do rio Mearim- MA, dessa forma buscando contribuir com o conhecimento dos estoques de tucunaré

introduzido em bacias hidrográficas maranhenses e inferir quanto a sua origem.

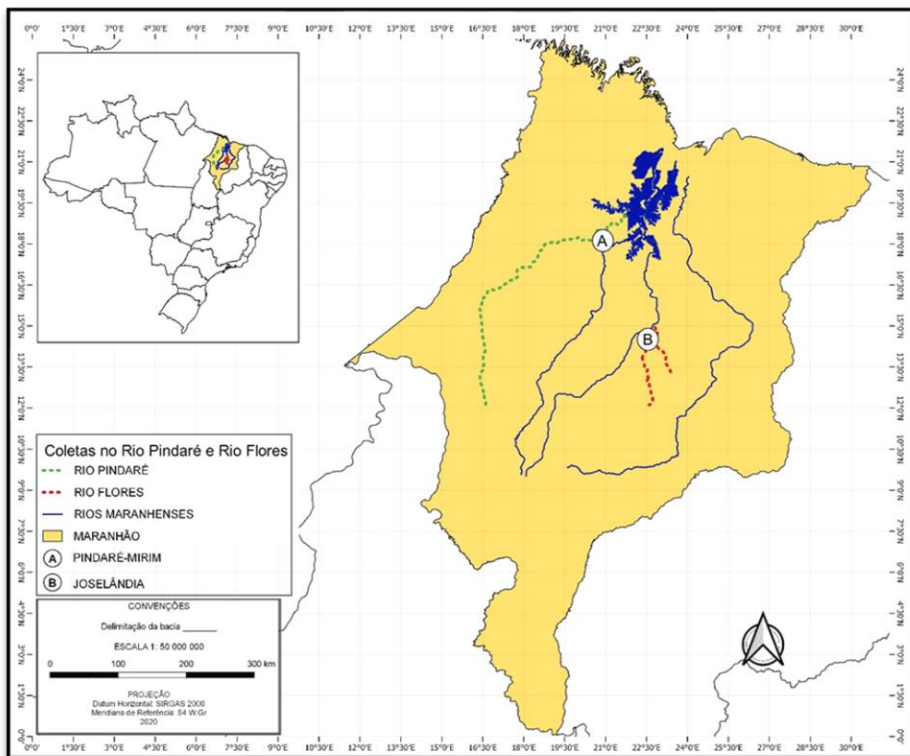
METODOLOGIA

Área de estudos e obtenção das amostras

As amostras dos espécimes de Tucunaré foram obtidas no rio Flores, afluente do rio Mearim, localizado no município de Josêlandia/MA. As coordenadas geográficas do rio Flores estão em latitude $05^{\circ}05'508''S$, longitude $044^{\circ}39'811''W$ e com altitude de 68m. Os cursos d'água da região fazem parte da bacia hidrográfica do Mearim (IMESC, 2008). O rio Flores compõe o alto Mearim, afluente pela margem direita, com uma extensão aproximada de 400 km (FILHO *et al.*, 2011).

Amostras do rio Pindaré foram coletadas nas seguintes coordenadas $3^{\circ}39'54''S$ e $45^{\circ}25'31''W$ pertencente ao município de Pindaré-Mirim (Figura 1). Este rio é o principal afluente do rio Mearim e nasce nas elevações que formam o divisor entre as bacias Mearim e Tocantins. Com aproximadamente 686 Km², sendo navegável no trecho compreendido entre a sua foz no Km 41 do rio Mearim até a foz do rio Buriticupu no Km 456 (STELLA, 2011).

Figura 1. Localização dos rios Flores e Pindaré/MA onde foram obtidos os espécimes. Ponto A: Rio Pindaré; ponto B: Rio Flores.



Fonte: Adaptado por Teixeira (2020) no programa Quantum GIS 2.6.o.

Coleta do material

As amostras foram coletadas utilizando-se instrumentos de pesca como redes de malhadeiras e tarrafas. Os espécimes coletados foram acondicionados em sacos plásticos e transportados em gelo ao Laboratório de Genética e Biologia Molecular (GENBIMOL) do Centro de Estudos Superiores de Caxias da Universidade Estadual do Maranhão - CESC/UEMA.

Os peixes coletados foram etiquetados, fotografados e retirou-se amostras de tecido muscular. Os tecidos foram preservados em álcool 80% e mantidos sob refrigeração a 20°C. Os exemplares foram fixados em formalina 10% e conservados em álcool 70%. A identificação taxonômica foi realizada com o auxílio de literatura específica (KULLANDER; FERREIRA, 2006). Os espécimes encontram-se depositados no Laboratório de Genética e Biologia Molecular do CESC/UEMA.

Técnicas moleculares

O DNA total foi extraído usando o kit Wizard Genomic DNA Purification Promega seguindo as instruções do fabricante. O isolamento e amplificação da região do genoma mitocondrial rRNA 16S e *Cyt b*, a partir de DNA total foi realizado através da técnica de Reação em Cadeia da Polimerase (PCR) usando *primers* específicos para cada gene, para o gene **16S**: 16SL1987: '5-GCCTCGCCTGTTTACCAAAAAC-3', 16SH2609: 5'CCGGTCTGAACTCAGATCA CGT-3' (PALUMBI *et al.*, 1996); e o gene **Cyt b**: LNF: 5'- GACTTGAAAAACCAYCGTTGT-3', Ho8R2: 5'- GCTTTGGGAGTTAGDGGTGGGAGTTAGAATC-3' (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

Inicialmente ocorreu um ciclo de desnaturação de 5 minutos a 94°C e no final uma extensão de 7 minutos a 72°C. Os produtos da PCR serão visualizados em minigel de agarose a 1%. Os produtos das

PCRs foram purificados utilizando-se o kit “*ExoSap-IT*” seguindo as recomendações do fabricante e em seguida submetidos à uma reação de sequenciamento de DNA seguindo o método de Sanger *et al.* (1977) utilizando o Kit “*Big Dye™ Terminator v 3.1 Cycle Sequencing Ready Reaction* (Applied Biosystems)”. Após a precipitação os produtos foram submetidos à eletroforese em um sequenciador automático de DNA (ABI 3500).

Análise dos dados

As sequências de DNA foram editadas e alinhadas no Clustal W (THOMPSON *et al.*, 1994) do programa BioEdit 7.0 (HALL, 1999). A composição nucleotídica, matriz de distância genética e análises filogenéticas, foram geradas no programa MEGA X (KUMAR *et al.*, 2018) utilizando-se o método de agrupamento de vizinhos (SAITOU; NEI, 1987) e o modelo Kimura2-parâmetros (K2P). A significância dos agrupamentos foi estimada pela análise de *bootstrap* (1000 réplicas) (FELSENSTEIN, 1985). O número de sítios conservados e variáveis, diversidades haplotípicas e nucleotídicas foram obtidos por meio do programa DnaSP v6.10.01 (ROZAS *et al.*, 2017). Foram utilizadas como grupo externo sequências *Cichla monoculus* (MH699844.1) e *Cichla piquiti* (DQ779579.1) para o gene rRNA16S e para gene Cyt *b* *Cichla monoculus* (AF370642.1) e *Cichla temensis* (AF370644.1) obtidas do Genbank.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram obtidas 18 sequências de Tucunaré, pertencentes à ordem Cichliformes, a família Cichlidae, gênero *Cichla*. (Quadro 1).

Quadro 1. Relação dos táxons coletados nos rios Flores e Pindaré /MA.

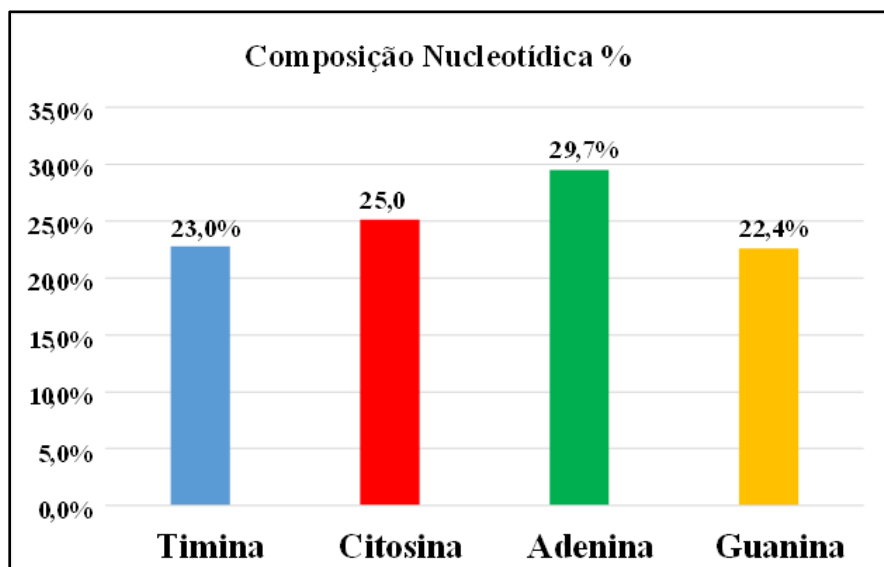
| Bacias Hidrográficas | Táxons | Nº Amostral |
|----------------------|-----------------------|-------------|
| Bacia do Pindaré | <i>Cichla kelberi</i> | 5 |
| Rio Flores | <i>Cichla kelberi</i> | 13 |
| Total | | 18 |

Fonte: Elaboração própria (2021)

Gene rRNA 16S

Obteve-se um fragmento de 549 pares de bases do gene mitocondrial rRNA 16S para 18 espécimes utilizados nesta análise. Sendo verificados 537 sítios conservados, 12 sítios variáveis e 12 informativos para parcimônia. A composição nucleotídica encontrada foi de 23% de timina, 25% de citosina, 29,7% de adenina e 22,4% de guanina (Gráfico 1). Análise resultou em um único haplótipo com diversidade haplotípica e nucleotídica de o.

Gráfico 1. Composição média de nucleotídeos das sequências do gene rRNA 16s dos peixes da bacia do rio Flores.

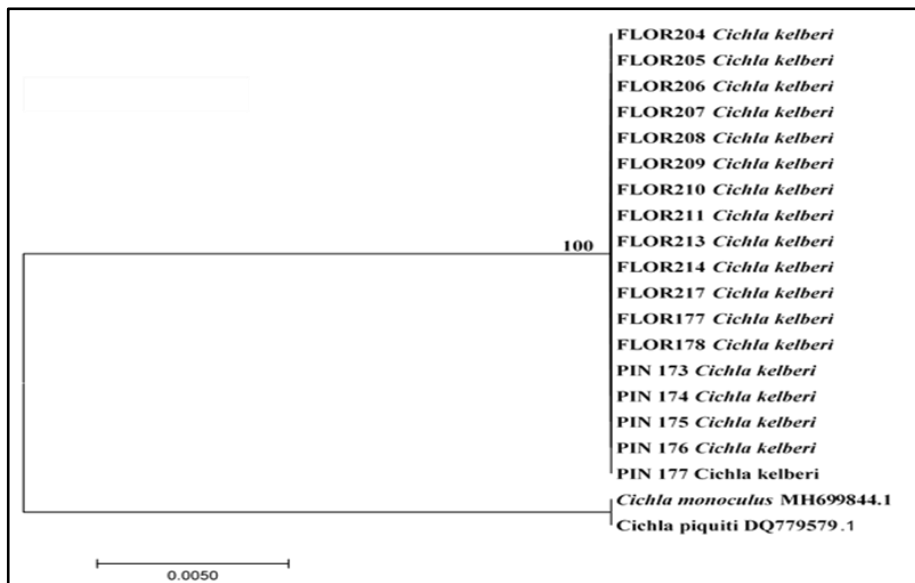


Fonte: Elaboração própria (2021)

Relações Filogenéticas e Distância Genética

A reconstrução filogenética utilizando-se os métodos baseados em distância (Agrupamentos de Vizinhos -NJ), evidenciou a ocorrência de um clado fortemente suportado com 100% de *bootstrap*, agrupando os espécimes de *Cichla kelberi* do rio Flores e Pindaré (Figura 2).

Figura 2. Árvore filogenética de agrupamentos de vizinhos (NJ) baseada em sequências do gene mitocondrial rRNA 16S, com indicação dos valores de *bootstrap*



Fonte: Elaboração própria (2021)

Estudos realizados por Almeida *et al.* (2021) através do DNA Mitocondrial na identificação molecular de tucunaré introduzidos em bacias maranhenses, encontraram resultados similares ao descrever que os indivíduos considerados pertencentes à mesma espécie se agruparam em conjuntos coerentes com a formação de clados fortemente suportados com 100% de *bootstrap*.

Portanto, a identificação precisa das espécies de peixes constitui o primeiro passo para o sucesso em programas de manejo e conservação de recursos pesqueiros (LUDWIG, 2006). Assim, a utilização de regiões do genoma mitocondrial (rRNA 16S) tem sido

bastante informativa em estudos filogenéticos de peixes que apresentam taxonomia problemática (SANTOS *et al.*, 2003; VINSON *et al.*, 2004; SANTOS *et al.*, 2006b; FRAGA *et al.*, 2007).

A média K2P de divergência genética intraespecífica para o gene rRNA 16S foi de 0%. O princípio para identificação de espécies fundamentado em dados moleculares depende da competência de distinguir a variação intraespecífica da variação interespecífica (CYWINSKA *et al.*, 2006).

O gene rRNA 16S que faz parte da grande subunidade ribossomal do DNA mitocondrial (PALUMBI *et al.*, 1996) também tem se mostrado um bom marcador para análises de diferenciação de peixes, como em estudos comparativos intergenéricos e interespecíficos (CALCAGNOTTO *et al.*, 2005; FRAGA *et al.*, 2007; FRAGA *et al.*, 2014). Sendo o seu uso utilizado com sucesso em estudos filogenéticos de diversos grupos de vertebrados, como em peixes (CALCAGNOTTO *et al.*, 2005).

Gene Cyt *b*

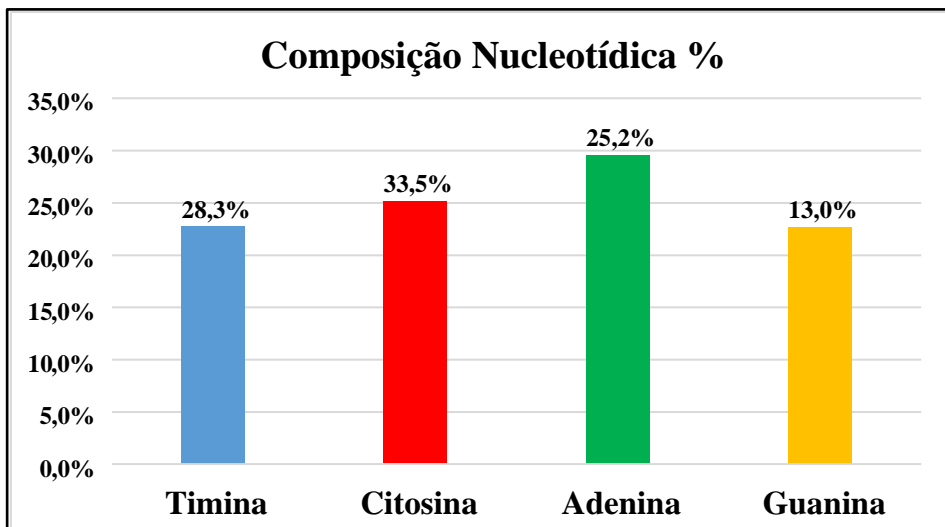
Análise do Fragmento e Composição Nucleotídica Cyt *b*

Um fragmento de 1066 pares de base do gene Cyt *b* foi obtido para 18 espécimes de tucunarés analisados, sendo trezes sequências do rio Flores, cinco do rio Pindaré.

Foram observados 981 sítios conservados, 85 variáveis e 12 informativos para parcimônia, a composição nucleotídica foi de

28,3% timina (T), 33,5% citosina (C), 25,2% adenina (A) e 13,0% guanina (G) (Gráfico 2). Análise resultou em dois haplótipos com diversidade haplotípica de 0,4 e nucleotídica de 0,5.

Gráfico 2. Composição média de nucleotídeos das sequências do gene *Cyt b* dos peixes da bacia do rio Flores e Pindaré.

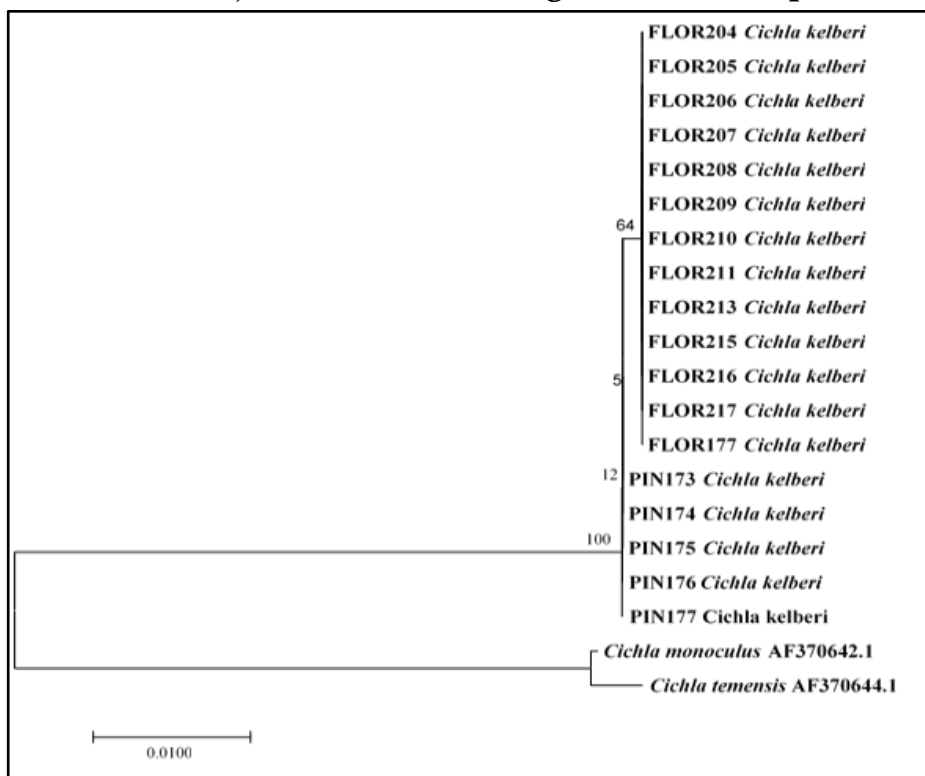


Fonte: Elaboração Própria (2021)

Relações Filogenéticas e Distância Genética

Os resultados mostraram que os espécimes *Cichla kelberi*, agruparam-se em um único clado com suporte de 100% de *bootstrap*, apresentando também um subclado de 64% (Figura 3).

Figura 3. Árvore filogenética para o gene *Cyt b* obtida através do modelo GTR+I+G, rodadas 5 000 000 gerações. O suporte dos ramos foi estimado através do teste aproximado de verossimilhança “Shimodaira-Hasegawa - like interpretation.



Fonte: Elaboração própria. (2021).

Através da análise do gene *Cyt b* Marques *et al.* (2016) e Santos *et al.* (2016) evidenciaram em seus estudos que houve a formação de um grupo monofilético na reconstrução filogenética com alto suporte de *bootstrap* para os haplótipos de *C. kelberi* do reservatório de Paraíba do Sul, no qual a distância genética interespecífica encontrada foi de 1,7% vezes maior que a divergência genética média dentro das espécies. Diante da análise, é possível observar a ausência

da divergência intraespecífica e interespecífica para o gene *Cyt b*, por ter apresentado apenas uma espécie.

A análise da região *Cyt b* tem sido utilizada em estudos filogenéticos por conter regiões de baixa e alta variável, ou seja, regiões mais preservadas e regiões de domínio mais amplo. Pode ser considerado um bom marcador para o estudo da filogenia molecular em famílias monofiléticas (FARIAS *et al.*, 2001; GENNER *et al.*, 2007; MUSILOVÁ *et al.*, 2008; SMITH *et al.*, 2008; PUEBLA, 2009).

Estudos genéticos/moleculares são usados para traçar rotas de introduções de espécies e com base nessas informações auxiliar na classificação taxonômica das mesmas. Tais dados são subsídios relevantes para a tomada de decisões sobre políticas de conservação e sobre medidas que visem reduzir impactos ambientais (CARVALHO *et al.*, 2009).

Portanto, mais estudos das populações invasivas de *C. kelberi* são necessários, incluindo estudos taxonômicos e genéticos que podem ajudar a rastrear a origem das introduções e auxiliar no manejo (FITZPATRICK *et al.*, 2012).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados obtidos, os genes utilizados no trabalho constituem bons marcadores moleculares na caracterização dos estoques de *Cichla*, nos quais foi possível observar baixos valores de

variabilidade genética nas análises dos diferentes marcadores (Cyt *b* e rRNA 16S).

Os resultados apontam apenas uma linhagem para o táxon *Cichla kelberi*. Portanto, fragmentos do gene rRNA 16S e Cyt *b* se mostrou uma ferramenta favorável a identificação biológica em nível específico em peixes coletados nos rios Flores e Pindaré/MA.

REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, A. A. et al. Ecologia e Manejo dos Recursos Pesqueiros em Reservatórios do Brazil. Maringá: EDUEM, 2007.

AGOSTINHO, A. A.; JÚLIO JR, HORÁCIO F. Peixes da bacia do alto rio Paraná. **Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais**, p. 374-400, 1999.

ALMEIDA, M. S.; FERREIRA, F. K. M.; BARROS, M. C.; FRAGA, E. C. Identificação molecular de tucunarés (Cichlidae, Perciformes) introduzidos em bacias hidrográficas maranhenses através do DNA mitocondrial. **Coletânea Estudos Ambientais e Agronômicos: resultados para o Brasil**, Nobre, Camila Pinheiro, Oliveira, Anna Christina Sanazario (Org). São Luís – Editora Pascal, 2021.p. 79 – 90, 2021.

CALCAGNOTTO, D.; SCHAEFER, S. A.; DESALLE, R. Relationships among characiform fishes inferred from analysis of nuclear and mitochondrial gene sequences. **Molecular Phylogenetic and Evolution**. v. 36, p. 135-153, 2005.

CALIFORNIA ACADEMY OF SCIENCES (CAS). Catalog of fishes. Disponível em: <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily> Acessado junho de 2021.

CARVALHO, D. C.; OLIVEIRA, D. A. A.; SANTOS, J. E.; TESKE, P.; BEHEREGARAY, L. B.; SCHNEIDER, H.; SAMPAIO I. Genetic characterization of native and introduced populations of the neotropical cichlid genus *Cichla* in Brazil. **Genetics and Molecular Biology**. v. 32, p.601–607, 2009.

CHELLAPPA, S.; CÂMARA, M. R.; CHELLAPPA, N. T. Ecology of *Cichla monoculus* (Osteichthyes: Cichlidae) from a reservoir in the semi-arid region of Brazil. **Hydrobiologia**, v. 504, n. 1-3, p. 267-273, 2003.

CYWINSKA, A.; HUNTER, F. F.; P. D. N HEBERT. Identifying Canadian mosquito species through DNA barcodes. **Medical and Veterinary Entomology**. v.20, p. 413- 424. 2006.

DAYRAT, B. Towards integrative taxonomy. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 85, p. 407-415. 2005.

FARIAS I. P.; ORTÍ G.; SAMPAIO I.; SCHNEIDER H.; EYER A. The cytochrome b gene as a phylogenetic marker: the limits of resolution for analyzing relationships among cichlid fishes. **Journal of Molecular Evolution**, v. 53, n. 2, p. 89-103, 2001.

FELSENSTEIN, J. Confidence limits on phylogenies: An approach using the *bootstrap*. **Evolution**, v. 39, p. 783-791, 1985.

FILHO, F. L. C.; GOMES, E. R.; NUNES, O. O.; FILHO, J. B. L. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: relatório diagnóstico do município de Joselândia. Teresina: **Cprm – Serviço Geológico do Brasil**, p. 39, 2011.

FRAGA, E.; SCHNEIDER, H.; NIRCHIO, M.; SANTA-BRIGIDA, E.; RODRIGUESFILHO, L. F.; SAMPAIO, I. Molecular phylogenetic analyses of mullets (Mugilidae, Mugiliformes) based on two mitochondrial genes. **Jornal off Applied Ichthyology**, v.23, p. 598-604. 2007.

FRAGA, E.; SILVA, L. M. M.; SCHNEIDER, H.; SAMPAIO, I.; BARROS, M. C. Variabilidade genética em populações naturais de *Leporinus piau* (Anostomidae, Characiformes) da bacia do Rio Itapecuru. **Revista Trópica**, v.8, n. 2, p.28-40, 2014.

FITZPATRICK, B. M.; FORDYCE, J. A.; NIEMILLER, M. L.; REYNOLDS, R. G. What can DNA tell us about biological invasions? **Biological Invasions**. v. 14, 245-253, 2012.

FROESE, R.; PAULY, D. Fish Base, World Wide Web electronic publication. Disponível em <http://www.fishbase.com>, version (08/2019). Consulta em junho de 2021.

FROESE, R.; PAULY, D. FishBase, World Wide Web electronic publication. Disponível em <http://www.fishbase.com>, version (10/2018). Consulta em janeiro de 2021.

FUGI, R.; LUZ-AGOSTINHO K. D. G., AGOSTINHO A. A. Trophic interaction between an introduced (peacock bass) and a native (dogfish) piscivorous fish in a Neotropical impounded river. **Hydrobiologia**. v.607, p. 143-150, 2008.

GASQUES, L. S.; FABRIN, T. M. C.; PRIOLI, S. M. A. P.; PRIOLI, A. J. A introdução do gênero *Cichla* [Block e Schneider, 1801] na planície de inundação do Alto Rio Paraná. **Arq. Ciênc. Vet. Zool. UNIPAR, Umuarama**, v. 17, n. 4, p. 261-266, out. /dez. 2014.

GENNER, M. J.; SEEHAUSEN, O.; LUNT, D. H.; JOYCE, D. A.; SHAW, P. W.; CARVALHO, G. R.; TURNER, G. F. Age of cichlids: new dates for ancient lake fish radiations. **Molecular Biology and Evolution**, v. 24, n. 5, p. 1269-1282, 2007.

HALL, T. A. BioEdit: A user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. **Nucleic Acids Symposium Series**, v. 41, p. 95-98, 1999.

HAJIBABAEI, M.; SINGER, E. A. C.; HEBERT, P. D. N.; HICKEY, D. A. 2007. DNA barcoding: how it complements taxonomy, molecular phylogenetics and population genetics. **Trends Genet**, v.23, p. 167-172.

HELFMAN, G. S.; COLLETTE, B. B.; FACEY, D. E. e BOWEN, B.W. 2009. The Diversity of Fishes: Biology, **Evolution and Ecology**. 2 ed. Hong Kong, WileyBlackwell.

HICKMAN, JR. C. P.; ROBERT L. S.; KEEN, S. L.; EISENHOUR, D. J.; LARSON, A. l'ANSON, H. 2016. **Princípios Integrados de Zoologia**. 16ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara, p. 536, 2016.

INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS. Perfil do Maranhão 2006/2007. v.1. São Luís: IMESC, 2008.

KOVALENKO, K. E.; DIBBLE, E. D.; AGOSTINHO, A. A.; PELICICE, F. M. Recognition of non-native peacock bass, *Cichla kelberi* by native prey: testing the naiveté hypothesis. **Biological Invasions**, v. 12, n. 9, p. 3071-3080, 2010.

KULLANDER, S.; FERREIRA, E. A review of the South American cichlid genus *Cichla*, with descriptions of nine new species (Teleostei: Cichlidae). **Ichthyological Exploration of Freshwaters**, v. 17, n. 4, p. 289-398, 2006.

KUMAR, S.; STECHER, G.; LI, M.; KNYAR, C.; TAMURA, K. MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across Computing Platforms. **Molecular Biology and Evolution**. v. 35, p. 1547-1549, 2018.

LÓPEZ-FERNÁNDEZ, H.; WINEMILLER, K. O.; HONEYCUTT, R. L. Multilocus phylogeny and rapid radiations in Neotropical cichlid

fishes (Perciformes: Cichlidae: Cichlinae). **Molecular phylogenetics and evolution**, v. 55, n. 3, p. 1070-1086, 2010.

LUDWIG, A. A sturgeon view on conservation genetics. *Eur. J. Wildl. Res.*, 52, p. 3-8, 2006.

MARQUES, A. C. P. B.; FRANCO, A. C. S.; SALGUEIRO, F.; GARCÍA-BERTHO, E.; SANTOS, L. N. Genetic divergence among invasive and native populations of the yellow peacock cichlid *Cichla kelberi*. **Journal of Fish Biology**, 89(6), p. 2595-2606, 2016.

MORAES, P. S. S. **DNA Barcode, da ictiofauna da bacia do rio Mearim, Maranhão, Brasil**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Ambiente e Saúde, Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, Caxias, p. 57. 2016.

MUSILOVÁ, Z.; RÍCAN, O.; JANKO, K.; NOVÁK, J. Molecular phylogeny and biogeography of the Neotropical cichlid fish tribe Cichlasomatini (Teleostei: Cichlidae: Cichlasomatinae). **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 46, n. 2, p. 659-672, 2008.

NASCIMENTO, F. L.; CATELLA, A. C.; MORAES, A. S. Distribuição espacial do tucunaré, *Cichla* sp. (Pisces, Cichlidae), peixe amazônico introduzido no Pantanal, Brasil. *Boletim de Pesquisa Embrapa*, n. 24, p. 17. 2ª ed. Corumbá: **Embrapa Pantanal**, 2002.

NELSON, J. S.; GRANDE, T. C.; WILSON, M. V. H. *Fishes of the world*. 5 ed. **John Wiley & Sons**. p. 752, 2016.

PALUMBI, S. R.; MARTIN, A.; ROMANO, S.; MCMILLAN, W. O.; STICE, L.; GRABOWSKI, G. *The Simple Fool's Guide to PCR*, Version 2.0, privately published document compiled by S. Palumbi. **Department Zoology**, Univ. Hawaii, Honolulu, 1996.

PELICICE, F. M.; AGOSTINHO, A. A. Fish fauna destruction after the introduction of a nonnative predator (*Cichla kelberi*) in a Neotropical reservoir. **Biological Invasions**, 11, p. 1789- 1801. 2009.

PIVELLO, V. R. The use of fire in the cerrado and Amazonian rainforests of Brazil: past and present. **Fire Ecology**. 7, p. 24-39. 2011.

PUEBLA, O. Ecological speciation in marine v. freshwater fishes. **Journal of Fish Biology**, v. 75, n. 5, p. 960-996, 2009.

PUGEDO, M. L.; DE ANDRADE NETO, F. R.; PESSALI, T. C.; BIRINDELLI, J. L. O. CARVALHO D. C. Integrative taxonomy supports new candidate fish species in a poorly studied neotropical region: the Jequitinhonha River Basin. **Springer**, v. 144, p. 341-349, 2016.

REIS, R. E., KULLANDER, S. O.; FERRARIS-JUNIOR, C. J., orgs. Check list of the freshwater fishes of South and Central America. **EdPUCRS**, Porto Alegre, 2003.

REIS, R. E.; ALBERT, J. S; DARIO, F. DI; MINCARONE, M. M; PETRY, P; ROCHA, L.A. Fish Biodiversity and Conservation in South America. **Journal of fish biology**, June, 2016.

RIEDEL, A.; SAGATA, K.; SUHARDJONO, Y. R.; TÄNZLER, R., BALKE, M. Integrative taxonomy on the fast track-towards more sustainability in biodiversity research. **Frontiers in Zoology**, v.10, n. 15. 2013.

ROZAS, J., FERRER-MATA, A., SÁNCHEZ-DELBARRIO, J.C., GUIRAO-RICO, S., LIBRADO, P., RAMOS-ONSINS, S.E., SÁNCHEZ-GRACIA, A. DnaSP 6: DNA Sequence Polymorphism Analysis of Large Datasets. **Molecular Biology and Evolution**. 34: 3299-3302, 2017.

SAITOU, N.; NEI, M. The Neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. **Molecular Biology and Evolution**. 4, p. 406-425, 1987.

SANTOS, S.; SCHNEIDER, H.; SAMPAIO, I. Genetic differentiation of *Macrodon ancylodon* (Sciaenidae, Perciformes) populations in Atlantic coastal waters of South America as revealed by mtDNA analysis. **Genetics and Molecular Biology**, 26, p. 151-161, 2003.

SANTOS, G. M.; FERREIRA, E. J. G.; ZUANON, J. A. S. Peixes Comerciais de Manaus. Manaus: Ibama/AM, **PróVárzea**, 2006b.

SHARP, D. M. T.; DE LEÓN, L.F.; GONZÁLEZ, R., TORCHIN, ME. Tropical fish community does not recover 45 years after predator introduction. **Ecology** 98, p. 412-424, 2017.

SMITH, L. L.; FESSLER, J. L.; ALFARO, M. E.; STREELMAN, J. T.; WESTNEAT, M. W. Phylogenetic relationships and the evolution of regulatory gene sequences in the parrotfishes. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 49, n. 1, p. 136-152, 2008.

STELLA, A. Síntese do diagnóstico, matriz do plano e contribuições do processo de consulta pública para elaboração do PPCD-MA. **Secretaria de Estado do Meio Ambiente**. Brasília, Distrito Federal, 2011.

THOMPSON, J. D.; HIGGINS, D. G.; GIBONS, T. J. CLUSTAL W. Improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. **Nucleic Acids Research**, v.22, p. 4673-4680, 1994.

VINSON, C. C.; GOMES, G.; SCHNEIDER, H.; SAMPAIO, I. Sciaenidae fish of the Caeté River estuary, Northern Brazil: mitochondrial DNA suggests explosive radiation for the Western Atlantic assemblage. **Genetics and Molecular Biology**, 27, p. 174-180, 2004.

VLIEGER, Isis Tamara. Distribuição do ictioplâncton no médio rio Uruguai, município de São Borja (RS, BRASIL). Cerro Largo, 2017.

Disponível

em:

<http://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/2606/1/Vlieger> Acesso em:

04. Jan. 2021.

WILLIS, S. C.; NUNES, M.; MONTAÑA, C. G.; FARIAS, P.; ORTÍ, G.; LOVEJOY, N. R. The Casiquiare river acts as a corridor between the Amazonas and Orinoco river basins: biogeographic analysis of the genus *Cichla*. **Molecular Ecology**, v. 19, n. 5, p. 1014-1030, 2010.

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE,
ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

CIÊNCIAS DA SAÚDE

A INFLUÊNCIA DO ISOLAMENTO SOCIAL: prevalência de sintomas ansiosos e depressivos em universitários maranhenses

Mayara Raíssa de Miranda Bezerra¹

Leonardo Pereira da Silva²

Marcos Antonio do Nascimento³

Regina Célia Vilanova-Campelo⁴

INTRODUÇÃO

O ensino superior é uma etapa de ensino diferente da qual o estudante está acostumado, representa uma continuação do processo de aprendizagem e uma definição de qual carreira seguir, com essas diferenças podem surgir o sentimento de insegurança com relação a vida universitária e a futura profissão (SANTOS; SILVA, 2011). Além dos sintomas de ansiedade, a vida acadêmica é caracterizada por um ambiente estressante no qual os acadêmicos têm a responsabilidade de aprender uma profissão e preparar-se para esse futuro profissional, que é incerto (ASSIS *et al.*, 2013).

Aproximadamente 15% a 25% dos acadêmicos desenvolvem transtornos mentais na graduação, destacando- se a depressão

¹Graduanda em Educação Física Licenciatura/UEMA; Bolsista PIBIC AÇÕES AFIRMATIVAS (CNPq/UEMA); Grupo de Pesquisa Saúde, Atividade Física e Epidemiologia – SAFE (CNPq/UEMA).

² Graduando em Educação Física Licenciatura/UEMA; Grupo de Pesquisa Saúde, Atividade Física e Epidemiologia – SAFE (CNPq/UEMA).

³ Doutorado em Ciências, Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP); Docente UEMA – Campus São João dos Patos. Grupo de Pesquisa Saúde, Atividade Física e Epidemiologia – SAFE (CNPq/UEMA).

⁴ Doutora em Ciências, programa Saúde Coletiva, Faculdade de Medicina Universidade de São Paulo (FMUSP); Docente UEMA – Campus São João dos Patos. Grupo de Pesquisa Saúde, Atividade Física e Epidemiologia – SAFE (CNPq/UEMA).

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE, ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA (SANTOS *et al.*, 2018). A depressão manifesta-se entre os universitários como um dos transtornos emocionais mais prevalentes, tendo em vista que boa parte desses estudantes apresentam sentimentos intensos de inadequação pessoal, baixa autoestima e autoconfiança reduzida, o que traz prejuízos a sua formação profissional, levando-os a diminuição do rendimento no estudo e em seus afazeres cotidianos (VASCONCELOS *et al.*, 2015).

Ao decorrer do percurso acadêmico o estudante é confrontado com circunstâncias geradoras de pressão psicológica e ansiedade (CRUZ *et al.*, 2010). Os sintomas psicológicos da ansiedade entre os estudantes incluem sentimentos de nervosismo antes de uma aula, pânico, esquecimento durante uma avaliação de aprendizagem, impotência ao fazer trabalhos acadêmicos, ou a falta de interesse em uma matéria difícil (CARVALHO *et al.*, 2015). Esses sintomas podem apresentar níveis normais de ansiedade, relacionados com fenômeno fisiológico responsável pela adaptação do organismo em situações de perigo (BENUTE *et al.*, 2009).

Lipp (2005) considera como primeiros sintomas de estresse os sinais de alerta que nosso corpo apresenta, sendo esses sintomas a tensão emocional, falha na memória, desgaste físico e mental, excesso de dúvidas. A presença de estresse frequente na vida acadêmica pode causar danos à saúde como, baixa imunidade diminuindo assim a qualidade de vida dos indivíduos (BORINE *et al.*, 2015).

Quando o estresse se torna excessivo produz consequências psicológicas e emocionais que resultam em cansaço mental, dificuldade de concentração e perda de memória imediata, bem como crises de ansiedade e de humor (ROSSETTI *et al.*, 2008). Sendo assim, o ambiente que colaboraria na aquisição de conhecimentos e que seria a base para as suas experiências de formação profissional se torna, por vezes, o desencadeador de distúrbios patológicos, ocorrendo assim uma exacerbação da problemática do estresse acadêmico nos estudantes (MONTEIRO; FREITAS; RIBEIRO, 2007).

Tais problemas na população universitária são complicações emergentes e preocupam pela sua prevalência e por seus efeitos deletérios à saúde dos estudantes. Além disso, com a pandemia do coronavírus, o distanciamento social causou uma ruptura nas antigas formas de relações sociais e gerando um período de intenso estresse e incertezas.

Nesta direção, o isolamento social implicou na suspensão de atividades presenciais não essenciais, tais como aulas teóricas e práticas nas instituições de ensino, como regulamenta a Portaria nº 343/2020 que prevê atividades que utilizem meios e tecnologias específicas (BRASIL, 2020). Consequentemente, algumas instituições de ensino tiveram que recorrer ao uso das tecnologias digitais e aderir as modalidades de ensino a distância, sendo uma alternativa para não ter que suspender as aulas completamente (JUNIOR; MONTEIRO, 2020).

Considerando esse cenário de diversas alterações na vida dos estudantes universitários, tais fatores podem ter desencadeado dificuldades de adaptação e estados emocionais menos positivos, gerando maior ansiedade, estresse e até depressão nesta população. Neste sentido, tivemos como objetivo identificar a prevalência de sintomas ansiosos, depressivos e de estresse em estudantes universitários do Maranhão durante isolamento social provocados pela pandemia da COVID-19.

METODOLOGIA

Estudo epidemiológico observacional do tipo transversal. Participaram do estudo discentes regularmente matriculados em curso de graduação presencial da Universidade Estadual do Maranhão- UEMA, configurando-se uma amostra não probabilística com viés de conveniência.

Adotamos como critérios de inclusão no estudo, integrar a comunidade acadêmica da UEMA, dispor de equipamento digital com acesso à internet e consentir a participação através da leitura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido-TCLE, conforme normas da resolução 510/2016 (BRASIL, 2016). A pesquisa ocorreu entre os meses de setembro a novembro de 2020. Foi disponibilizado um questionário com perguntas objetivas no formato de pesquisa de opinião, disponibilizado na plataforma formulário Google® e divulgado via internet, através dos aplicativos e redes sociais da

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE,
ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
instituição. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa
da Universidade Estadual do Maranhão, parecer 057919/2020.

Utilizamos os seguintes instrumentos para a coleta de dados: questionário relacionado aos aspectos sociodemográficos e atividade física (considerada mais de 30 minutos pelo menos 2 ou 3x vezes por semana.); a Escala Hospitalar de Ansiedade e Depressão (HAD) (MARCOLINO *et al.*, 2007) e a Escala de Ansiedade, Depressão e Estresse 21- EADS-21 (VIGNOLA; TUCCI, 2014). As respostas foram analisadas em uma escala tipo de *Likert* de 0 (não se aplicou nada a mim) a 4 pontos (aplicou-se a mim a maior parte das vezes). Com base nessa escala, classifica-se o participante em normal, leve, moderada, severo e extremamente severo, com base aos constructos de ansiedade, depressão e estresse.

Os dados coletados foram tabulados em planilhas do programa de computador Microsoft Excel. As variáveis quantitativas foram descritas em média e desvio padrão. As variáveis qualitativas foram expressas como números absolutos e porcentagens para a característica sociodemográficas e análise do teste qui-quadrado.

RESULTADOS

A amostra foi composta por 132 alunos, 80% do sexo feminino, com média de 25 ± 7 anos de idade, 48% não desempenham atividade remunerada e 51% não realizam atividade física. O sexo masculino

20%, com média de 25±7 anos de idade, 11% não desempenham atividade remunerada e 11% realizam atividade física, Tabela 1.

Tabela 1. Características sociodemográficas e atividade física de estudantes universitários do Maranhão durante isolamento social, n=132.

| Variáveis | Feminino n (%) | Masculino n (%) |
|-------------------------------------|----------------|-----------------|
| Sexo | 106 (100) | 26 (100) |
| Idade (anos) | 25±7 | 25±7 |
| Cor | | |
| Preta | 21 (20) | 5 (19) |
| Branca | 14 (13) | 4 (15) |
| Parda | 70 (66) | 16 (62) |
| Amarela | 1 (1) | 1 (4) |
| Estado civil | | |
| Solteiro | 82 (77) | 25 (96) |
| Casado (a) | 20 (19) | 1 (4) |
| Divorciado (a) | 4 (4) | - |
| Tem Filho | | |
| Sim | 27 (25) | 3 (12) |
| Não | 79 (75) | 23 (88) |
| Realiza Atividade Remunerada | | |
| Sim | 43 (41) | 11 (42) |
| Não | 63 (59) | 15 (58) |
| Escolaridade do Pai | | |
| Não alfabetizado | 19 (18) | 12 (46) |
| Ensino fundamental I | 39 (37) | 9 (35) |
| Ensino fundamental II | 14 (13) | 2 (8) |
| Ensino médio | 27 (25) | 3 (11) |
| Ensino superior | 7 (7) | - |
| Escolaridade da Mãe | | |
| Não alfabetizado | 16 (15) | 6 (23) |
| Ensino fundamental I | 23 (22) | 8 (31) |
| Ensino fundamental II | 19 (18) | 2 (8) |

| | | |
|-----------------|---------|--------|
| Ensino médio | 28 (26) | 6 (23) |
| Ensino superior | 20 (19) | 4 (15) |

Localização

| | | |
|-----------------------|---------|---------|
| Zona urbana | 93 (88) | 19 (73) |
| Zona rural | 12 (11) | 7 (27) |
| Comunidade quilombola | 1 (1) | - |

Atividade Física

| | | |
|-----|---------|---------|
| Sim | 39 (37) | 14 (54) |
| Não | 67 (63) | 12 (46) |

Nota: Dp: desvio padrão; média; Atividade Física: considerada mais de 30 minutos pelo menos 2 ou 3x vezes por semana.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2022

A tabela 2 apresenta a análise das respostas aos itens da EADS-21, relativamente aos fatores que podem desencadear a ansiedade, estresse e depressão. Foi observado maior prevalência nos aspectos avaliados nos itens: senti dificuldades em respirar com 58,3%, não se aplicou nada a mim e senti tremores (por ex., nas mãos) com 60,6%.

Tabela 2. Análise descritivas dos itens da EADS-21, entre estudantes universitários do Maranhão durante isolamento social, n= 132

| EADS- 21 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|---------|---------|---------|---------|
| Senti a minha boca seca | 5 (4) | 56 (42) | 10 (8) | 61 (46) |
| Não consegui sentir nenhum sentimento positivo | 17 (13) | 55 (42) | 20 (15) | 40 (30) |
| Senti dificuldades em respirar | 11 (8) | 34 (26) | 9 (7) | 78 (59) |
| Tive dificuldade em tomar iniciativa para fazer coisas | 16 (12) | 59 (45) | 29 (22) | 28 (21) |
| Tive tendência a reagir em demasia em determinadas situações | 8 (6) | 61 (46) | 14 (11) | 49 (37) |
| Senti tremores (por ex., nas mãos) | 9 (7) | 23 (17) | 23 (17) | 77 (58) |
| Senti que estava a utilizar muita energia nervosa | 13 (10) | 51 (39) | 27 (20) | 41 (31) |

| | | | | |
|---|---------|---------|---------|---------|
| Preocupe-me com situações em que podia entrar em pânico e fazer figura ridícula | 17 (13) | 43 (32) | 17 (13) | 55 (42) |
| Senti que não tinha nada a esperar do futuro | 23 (17) | 43 (33) | 13 (10) | 53 (40) |
| Dei por mim a ficar agitado | 12 (9) | 54 (41) | 23 (17) | 43 (33) |
| Senti dificuldade em me relaxar | 28 (21) | 54 (41) | 29 (22) | 21 (16) |
| Senti-me desanimado e melancólico | 32 (24) | 49 (37) | 27 (20) | 24 (18) |
| Estive intolerante em relação a qualquer coisa que me impedisse de terminar aquilo que estava a fazer | 12 (9) | 58 (44) | 25 (19) | 37 (28) |
| Senti-me quase a entrar em pânico | 13 (10) | 39 (30) | 17 (13) | 63 (48) |
| Não fui capaz de ter entusiasmo por nada | 14 (11) | 45 (34) | 18 (14) | 55 (42) |
| Senti que não tinha muito valor como pessoa | 19 (14) | 42 (32) | 23 (17) | 48 (36) |
| Senti que por vezes estava sensível | 34 (26) | 55 (42) | 28 (21) | 15 (11) |
| Senti alterações no meu coração sem fazer exercício físico | 16 (12) | 39 (29) | 16 (12) | 61 (46) |
| Senti-me assustado sem ter tido uma boa razão para isso | 11 (8) | 49 (37) | 17 (13) | 55 (42) |
| Senti que a vida não tinha sentido | 16 (12) | 30 (23) | 14 (11) | 72 (55) |

Nota: 1: não se aplicou nada a mim; 2: aplicou-se a mim algumas vezes; 3: aplicou-se a mim muitas vezes; 4: aplicou-se a mim a maior parte das vezes.
 EADS-21: Escalas de Ansiedade, Depressão e Stress.

A prevalência dos níveis de ansiedade, depressão e estresse está disponível na tabela 3. Com base nesses resultados, observa-se maior presença de pessoas ansiosas, $n=64$, 68%, em relação aos outros escores. Com base nos resultados houve diferença significativa entre a classificação de ansiedade, depressão e estresse, com valores de $p<0,01$.

Tabela 3. Caracterização dos constructos da Escala de Ansiedade, Depressão e Estresse- 21 entre estudantes universitários durante isolamento social, n= 132.

| Classificação | Ansiedade n (%) | | Depressão n (%) | | Estresse n (%) | |
|-------------------------|-----------------|--------|-----------------|--------|----------------|--------|
| Normal | 20 (15) | | 33 (25) | | 55 (42) | |
| Leve | 13 (10) | | 19 (14,5) | | 10 (7,5) | |
| Moderado | 22 (17) | p<0,01 | 19 (14,5) | p<0,01 | 16 (12) | p<0,01 |
| Severo | 13 (10) | | 16 (12) | | 14 (10,5) | |
| Extremament e severo | 64 (48) | | 45 (34) | | 37 (28) | |

Dados expresso em frequência e porcentagem. Teste qui-quadrado, p<0,05.

DISCUSSÃO

Os resultados apontam que uma parcela considerável dos acadêmicos analisados apresentou sintomas de depressão, ansiedade e um baixo nível de estresse. No Nordeste do país a prevalência dos sintomas de ansiedade e depressão entre os estudantes universitários também foi bastante expressiva, respectivamente 62,9% e 30,2%, ocorrendo principalmente em níveis leves (FERNANDES *et al.*, 2018).

No nosso estudo os sintomas de ansiedade e depressão obteve diferença em relação aos outros níveis, considerando a ansiedade como uma pontuação a mais em todas as distribuições. Valores semelhantes aos encontrados no estudo realizado por Tabalipa e colaboradores (2015) onde a prevalência de ansiedade foi de 35,5%, e de depressão de 32,8% entre acadêmicos do curso de medicina. Por outro lado, a prevalência de sintomas ansiosos de 973 estudantes

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE,
ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
universitários da cidade de Cartagena, na Colômbia, foi de 76,2%
(VERGARA, CÁRDENAS, MARTINEZ, 2014).

Além disso, a depressão e a ansiedade são os principais responsáveis pela elevada carga de doenças entre os demais transtornos (ABELHA, 2014; WHO, 2017). A ansiedade e a depressão são encontradas em um índice muito elevado entre os universitários, tornando-se superiores entre a população, nos primeiros anos os alunos apresentam maior concentração dos sintomas de depressão e ansiedade (IBRAHIM *et al.*, 2013).

De acordo com os resultados encontrados no presente estudo, no que diz respeito a classificação da ansiedade entre os estudantes, pode-se observar que houve uma pontuação distribuída em todos os níveis de ansiedade, embora na sua grande maioria apresentou o nível de extremamente severo.

Para Marchi *et al.*, (2013) estudantes de ensino superior da área da saúde são os estudantes que apresentam maior nível de ansiedade, quando comparados a outras áreas de ensino. A ansiedade, apesar de ser considerada uma emoção inata pode se apresentar como um transtorno psicopatológico muito presente entre os estudantes universitários atualmente (AUGUSTO *et al.*, 2019).

No nosso estudo, em relação a fase de estresse, houve pontuação em todas elas, porém a classificação normal foi mais prevalente. O estresse na formação pode predispor os alunos a

sintomas de ansiedade e depressão, em especial quando associados a outros fatores de vulnerabilidade (KULSOOM; AFSAR, 2015).

O sofrimento psíquico entre universitários nos estudos investigados apresenta-se na forma de estresse, sentimento de incapacidade frente ao isolamento, incômodo com a situação de constante vigília, preocupação com os cuidados preventivos, medo de perder parentes e amigos, preocupação com a situação econômica do país, sinais de ansiedade e depressão, além de dores de cabeça, irritação, autoisolamento, perda da vontade de realizar atividades, angústia e até distúrbios alimentares (GUNDIM *et al.*, 2021).

Uma pesquisa brasileira, de caráter transversal, realizada com os discentes dos cursos de medicina do município de Marabá, evidenciou que 43.4% dos alunos manifestaram desordens psiquiátricas, sendo a ansiedade o traço mais prevalente, seguido de transtorno ansioso e depressivo concomitantes e depressão (SILVA *et al.*, 2020).

Devido a essa emergência sanitária, muitas instituições de ensino passaram a optar pela modalidade de ensino remota (ROCHA *et al.*, 2021). Entretanto, apesar dos esforços dos professores para criar aulas online criativas e com maneiras diferentes de interação com os alunos, o distanciamento social decorrente da Pandemia da COVID-19 deixou muitos estudantes desmotivados e ansiosos (SILVA *et al.*, 2020).

Um estudo recente realizado no Reino Unido por Holmes *et al.* (2020) destacou preocupações com o aumento dos sentimentos de ansiedade e depressão durante esse período de distanciamento social. Gundim *et al.* (2021) demonstraram a existência de forte impacto psicológico negativo da epidemia mundial da COVID-19 em estudantes universitários. Em outro estudo os discentes apresentaram níveis baixos de ansiedade, depressão e estresse nas últimas semanas do semestre letivo, contrariando alguns estudos (SILVA *et al.* 2020; MAIA; DIAS, 2020; TEODORO, *et al.*, 2021).

Para esse fato, Araújo *et al.*, (2020) explicam que o distanciamento social aliado a rotina de estudos domiciliares podem ser a causa para o aparecimento desses sintomas, seja em menor ou maior grau e estão fortemente relacionados com a falta do contato físico social, interação face a face entre professores e alunos, entre colegas e amigos, sendo que tudo isto afeta no ambiente escolar. Inobstante, Dias e Pinto (2020) discorrem sobre a importância de repensar práticas pedagógicas, aliar a transmissão de conteúdos teóricos e práticos e a possibilidade de utilização da plataforma EaD nos cursos de graduação devido a pandemia da COVID-19.

CONCLUSÃO

Durante o isolamento social, no período da pandemia da COVID-19, os participantes do estudo apresentaram baixo nível de estresse e alto índice de depressão e ansiedade. Os resultados do

estudo reforçam a importância de continuar a investigar o tema, para que se possam perceber os mecanismos e reações psicológicas subjacentes a um período de vida tão atípico e desafiante.

Sugerimos que a universidade possa oferecer ou continuar com os atendimentos psicológicos e/ou incentivar a procura por atendimentos psiquiátrico. Paralelo a essas ações, estimular a manutenção de estilos de vida saudáveis como forma de melhorar a qualidade de vida dos acadêmicos. Além de implementar programas de promoção de competências sociais e emocionais junto dos estudantes, bem como estratégias de remediação para episódios traumáticos decorrentes deste período de vida acadêmica principalmente em momentos mais estressantes, como a pandemia.

REFERÊNCIAS

ABELHA, L. Depressão, uma questão de saúde pública. **Cadernos Saúde Coletiva**, v. 22, n. 3, p. 223-223, 2014.

ARAÚJO, F. J. O *et al.* Impact of Sars-Cov-2 and its Reverberation in Global Higher Education and Mental Health. **Psychiatry Research**, v. 288, p. 112977, 2020.

ASSIS, C. L *et al.* Sintomas de estresse em concluintes do curso de psicologia de uma faculdade privada do norte do País. **Mudanças- Psicologia da Saúde**, v.21, n.1, p. 23- 28. 2013.

BENUTE, G. R. G.; NOMURA, R. M. Y.; PEREIRA, P. P.; LUCIA, M. C. S. D.; ZUGAIB, M. Abortamento espontâneo e provocado: ansiedade, depressão e culpa. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 55, n. 3, p. 322-327, 2009.

BORINE, R. de C. C.; WANDERLEY, K. da S.; BASSITT, D. P. Relação entre a qualidade de vida e o estresse em acadêmicos da área da saúde. **Estudos Interdisciplinares em psicologia**, v. 6, n. 1, p.100-118, 2015.

BOTEGA, P. M. et al. Validação da escala hospitalar de ansiedade e depressão (HAD) em pacientes epiléticos ambulatoriais. **Jornal Brasileiro Psiquiatria**, n. 47, p.285-289, 1998.

BRASIL. Ministério da Educação. Portaria n. 343 de 17 de março de 2020. **Dispõe sobre a substituição das aulas presenciais por aulas em meios digitais enquanto durar a situação de pandemia do Novo Coronavírus - COVID-19.** Disponível em: <<http://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-343-de-17-de-marco-de-2020-248564376>>.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Resolução 510, de 7 de abril 2016: Do processo de consentimento e do assentimento livre e esclarecido.** Diário Oficial da União, 2016.

CARVALHO, E. A. et al. Índice de ansiedade em universitários ingressantes e concluintes de uma instituição de ensino superior. **Ciência, Cuidado e Saúde**, v. 14, n. 3, p. 1290-1298, 2015.

CRUZ, C.; PINTO, J.; ALMEIDA, M.; ALELUIA, S. **Ansiedade nos estudantes do ensino superior. Um estudo com estudantes do 4º ano do curso de licenciatura em enfermagem da Escola Superior de Saúde de Viseu.** Millenium, 2010.

DIAS, E.; PINTO, F. C. F. A Educação e a Covid-19. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, v. 28, n. 108, p. 545-54, 2020.

FERNANDES, M.A. et al. Prevalence of anxious and depressive symptoms in college students of a public institution. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v.71, n.5, p. 2169-2175, 2018.

GUNDIM, V. A. et al. Saúde mental de estudantes universitários durante a pandemia de covid-19. **Revista baiana enfermagem**, v. 35, p. 1-14, 2021.

IBRAHIM, A.K., KELLY, S.J., ADAMS, C.E., & GLAZEBROOK, C. A systematic review of studies of depression prevalence in university students. **Journal Psychiatric Research**, v.47, n.3, p.391-400, 2013.

KULSOOM, B; AFSAR. N.A. Stress, anxiety, and depression among medical students in a multiethnic setting. **Neuropsychiatr. dis. treat.** p. 11-1713. 2015.

LIPP, M. E. N. **Manual do Inventário de Sintomas de estresse para Adultos de Lipp (ISSL)**. Casa do Psicólogo, 2005.

MAIA, B. R.; DIAS, P. C. Ansiedade, depressão e estresse em estudantes universitários: o impacto da Covid-19. **Estudos de Psicologia**, n. 37, p. 1-8, 2020.

MARCOLINO, J.A.M et al. - Escala Hospitalar de Ansiedade e Depressão: estudo da validade de critério e da confiabilidade com pacientes no pré-operatório. **Rev Bras Anesthesiol**, n. 5, p. 52-62, 2007.

MONTEIRO, C. F. de S.; FREITAS, J. F. de M.; RIBEIRO, A. A. P. Estresse no cotidiano dos alunos de enfermagem da UFPI. **Escola Anna Nery Revista Enfermagem**, v. 1, n. 11, p. 66 – 72. 2007.

ROCHA, M.S. et al. Ansiedade, depressão e estresse em estudantes universitários durante a pandemia do COVID-19. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.8, p. 80959-80970, 2021.

ROSSETTI, M. O, et al. O inventário de sintomas de stress para adultos de lipp (ISSL) em servidores da polícia federal de São Paulo. **Revista Brasileira de Terapias Cognitivas**, v. 4, n. 2, p. 108-120. 2008.

SANTOS, S. A evasão na educação superior: entre debate social e objeto de pesquisa. **Observatório da vida estudantil: primeiros estudos [online]**. Salvador: EDUFBA, p. 249-262, 2011.

SANTOS. K. F.R. et al. Aplicabilidade do inventário de Beck nos acadêmicos de enfermagem em uma instituição de ensino de Minas Gerais. **Enferm. Foco**. v. 9, n. 3, p.81-88, 2018.

SILVA et al. O impacto psicológico da pandemia de COVID-19 nos acadêmicos de medicina da região de Carajás. **Braz. J. Hea. Rev**, v. 3, n. 6, p. 19731-19747, 2020.

TABALIPA, F. O. et al. Prevalence of Anxiety and Depression among Medical Students. **Rev. bras. educ. med.** v. 39. n. 3, p. 388-394, 2015.

TEODORO, L. M. N. et al. Saúde mental em estudantes universitários durante a pandemia de COVID-19. **REFACS (online)**, v. 9, n.2, p. 371-282, 2021.

VASCONCELOS. T.C. et al. Prevalência de sintomas de ansiedade e depressão em estudantes de medicina. **Rev. bras. educ. méd** . v. 39, n. 1, p. 135-142, 2015.

VERGARA, K. M. A.; CÁRDENAS, S. D.; MARTÍNEZ, F. G. Síntomas de depresión y ansiedad en jóvenes universitarios: prevalencia y factores relacionados. **Rev Clín Med Fam**. v. 7. n. 1. p.14-22, 2014.

VERISIMO, J.; MONTEIRO, J. Educação e COVID-19: As tecnologias digitais mediando a aprendizagem em tempo de pandemia. **Revista Encantar**. v. 2, p. 01-15, 2020.

VIGNOLA, R.C.B; TUCCI, A.M. Adaptation and validation of the Depression, Anxiety and Stress Scale (DASS) to Brazilian portuguese. **J Affect Disord.** n. 155, p. 104-109, 2014.

WHO. **World Health Organization. Depression and Other Common Mental Disorders: Global Health Estimates.** Geneva: WHO, 2017.

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SONO EM DISCENTES
DO CURSO DE EDUCAÇÃO FÍSICA DE UMA
UNIVERSIDADE PÚBLICA ESTADUAL**

Leonardo Pereira da Silva¹

Fabiano de Jesus Furtado Almeida²

INTRODUÇÃO

Em dezembro de 2019, com o surgimento de uma grave pneumonia causada pelo SARS-CoV-2, doença popularmente chamada de COVID-19 (coronavírus disease 2019), os hábitos de vida das pessoas em sociedade, foram alterados significativamente, dentre eles o tempo de duração do sono (CESPEDES, SOUSA, 2020). Sendo assim, vale salientar que o aparecimento do primeiro caso dessa doença surgiu na cidade de Wuhan, na China, se espalhando por diversos países, levando à declaração de status de pandemia pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em 11 de março de 2020 (WHO, 2020), após o registro de mais de 118 mil casos e 4.292 mortes em todo o mundo (MOTA, 2021).

Do exposto, algumas medidas preventivas tiveram que ser implantadas pelos órgãos de saúde visando a não proliferação do vírus. Dentre essas medidas, o distanciamento social foi tido como uma estratégia eficaz contra o contágio da COVID-19, porém tem mostrado efeitos negativos relacionados à saúde mental e física das

¹ Graduando em Educação Física Licenciatura – Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) – Campus São João dos Patos.

² Chefe do Departamento de Educação Física e Arte – Universidade Estadual do Maranhão (UEMA).

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE, ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

peças, levando ao descontrole de outros problemas clínicos e influências negativas aos âmbitos socioculturais, econômicos, intelectuais, educacionais e trabalhistas (GONZALEZ, 2020; OLIVEIRA, 2020).

Além disso, ocasionou a suspensão e afastamento das atividades laborais nas universidades, modificando a rotina de vida dos discentes, em especial dos acadêmicos do ensino superior, provocando diversos problemas relacionados a qualidade de vida, como os hábitos de sono saudável (LIMA *et al.*, 2021).

Nesse sentido, insta pontuar que a restrição social provinda do distanciamento social resultou na diminuição significativa dos níveis de atividade física de grande parte da população mundial, seja ela de intensidade moderada e/ou vigorosa, relacionando-se a comportamentos não saudáveis como inatividade física, comportamento sedentário e hábitos alimentares inadequados (PEÇANHA *et al.*, 2020). Portanto, estas restrições influenciaram no agravamento da baixa aptidão física geral e conseqüentemente de forma particular o objeto de estudo dessa pesquisa, o sono (ELESBÃO *et al.*, 2020).

Dessa forma, o sono é um processo biológico fundamental do ser humano em que manifesta funções importantes na restauração da homeostase de atividades orgânicas, caracterizando-se por um período inconsciente podendo influenciar fatores comportamentais e fisiológicos (LOPES *et al.*, 2018).

Ainda, vale salientar que em condições de normalidade, é possível denotar dois estados divergentes do sono: o *rapid eye moviment* (REM), na qual ocorrem os movimentos rápidos dos olhos e o *non-rapid eye movimet* (NREM), o qual não acontecem esses movimentos oculares (BERRY *et al*, 2012). Assim, em um ser humano normal, o sono NREM e o sono REM intervalam-se periodicamente ao longo da noite, repetindo-se em média a cada 100min, de 5 à 6 ciclos (CARSKADON, DEMENT, 2011).

Por outro lado, a qualidade de vida do universitário é afetada pelos distúrbios do sono (insônia, apneia obstrutiva do sono, síndrome das pernas inquietas, entre outros) (MORAIS *et al*, 2017). Através de modificações compreendidas em três etapas, a primeira está relacionada ao humor, fadiga, cansaço, déficit cognitivo e taquicardia, alterados, na segunda podem ocorrer transformações em médio prazo, ocasionando alguns riscos como, acidentes, pior desempenho escolar e interação social, já a terceira é marcada por alterações a longo prazo, podendo gerar reprovações em avaliações educacionais (LOPES *et al.*, 2018).

É nessa perspectiva, que Wunsch *et al* (2017) através de estudos, afirmam que, usando o questionário de Pittsburgh, é possível avaliar diversas variáveis do sono. Com isso, verificou que a qualidade do sono e nível de stress em estudantes de nível superior se torna pior ao longo do semestre, sendo identificado os piores valores de sono e stress em períodos de muitas avaliações. Já no

estudo realizado por Taylor *et al.* (2013) em estudantes de ensino superior, também foi possível encontrar uma prevalência de 9% de insônia, associado a isso diversos fatores como depressão e fadiga.

Ademais, no âmbito universitário têm-se observado um crescente aumento nos índices de alterações do sono, tornando-se um problema grave de saúde pública, exercendo efeitos negativos na qualidade de vida e saúde dos acadêmicos. Diante disso, de acordo com estudos científicos, má qualidade do sono, bem como a redução na quantidade de horas dormidas, ocasionam uma baixa significativa no desempenho acadêmico de estudantes (SOUZA *et al.*, 2021).

Nesse sentido, o objetivo do presente estudo foi avaliar a qualidade do sono em discentes do Curso de Educação Física de uma universidade pública do Maranhão.

METODOLOGIA

Essa pesquisa é do tipo transversal, com abordagem quantitativa, realizada com 72 estudantes de ambos os sexos, regularmente matriculados entre o primeiro semestre de 2020 e o último semestre de 2021 respectivamente, pertencentes a Universidade Estadual do Maranhão – MA, campus São João dos Patos.

Foram adotados como critérios de inclusão: está devidamente matriculado na Universidade Estadual do Maranhão no curso de graduação em Educação Física e cursando entre o primeiro e o último

período. Por outro lado, os critérios de exclusão do estudo foram: Não responder a todas as perguntas do questionário, preencher os espaços disponíveis com letras ou algarismos que não consigam ser identificados, o que pode interferir nos resultados.

Essa pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) com o parecer de N° 47642921.10000.5554.

Para realização da coleta de dados foi aplicado um questionário pelo formulário *google forms* entre novembro de 2020 e janeiro de 2021, por 2 pesquisadores da área de Educação Física devidamente treinados. Sendo assim, a mesma aconteceu na ordem de execução dos seguintes procedimentos: Explicação do projeto e envio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE); Envio dos dados gerais e socioeconômicos, além do questionário índice de qualidade do sono de Pittsburgh.

Dessa forma, para identificação da qualidade do sono dos participantes, foi utilizado o questionário Índice de Qualidade de Sono de Pittsburgh (PSQI-BR), instrumento este que permite avaliar a qualidade do sono dos indivíduos nos últimos 30 dias. Esse instrumento consiste em 24 (vinte e quatro) questões, sendo 19 (dezenove) respondidas pelo próprio discente e 5 (cinco) questões respondidas pelo seu companheiro de quarto, sendo essas últimas utilizadas apenas para análise clínica. As 19 (dezenove) questões são divididas em 7 (sete) componentes, com pesos divididos em uma

escala de 0 a 3. São eles: 1. Qualidade subjetiva do sono; 2. Latência do sono; 3. Duração do sono; 4. Eficiência habitual do sono; 5. Distúrbios do sono; 6. Uso de medicação para dormir e 7. Sonolência diurna e distúrbios durante o dia. Sendo assim, pode-se classificar a qualidade do sono do indivíduo em boa, ruim e indicativo de distúrbio do sono (BERTOLAZI, 2008).

Utilizou-se análise descritiva das características sociodemográficas e das variáveis do instrumento de qualidade do sono. A análise da qualidade do sono foi realizada por meio de frequência absoluta e frequência relativa. Todas as análises foram realizadas utilizando o pacote estatístico (Stata Corporation, College Station, TX, EUA) Stata®, versão 13.

RESULTADOS

A amostra de 72 discentes investigados foi composta por 23 (32%) estudantes do sexo masculino e 49 (68%) do sexo feminino. A média de idade entre os grupos variou de 22 ± 3 (homens) a 22 ± 5 anos (mulheres), conforme a Tabela 1. Quanto ao Índice de Massa Corporal (IMC), os alunos do sexo masculino e feminino apresentaram médias de $22,72 \pm 2,74$ e $23,18 \pm 3,97$, respectivamente.

Tabela 1. Caracterização do gênero, idade e Índice de Massa Corporal de discentes

| Variáveis | Estudantes | |
|--------------------------|------------|------------|
| | Mulheres | Homens |
| n (%) | 49 (68) | 23 (32) |
| Idade (anos) | 22±5 | 22±3 |
| IMC (Kg/m ²) | 23,18±3,97 | 22,72±2,74 |

Dados expressos em frequência, porcentagem, média± desvio padrão; %-porcentagem; IMC – Índice de massa corporal; Kg/m²-quilogramas por metro ao quadrado.

Na Tabela 2, apresenta-se as médias e desvios padrões dos discentes relacionadas às horas de sono por noite (7,5±1,49), latência do sono (20±25,62) e a eficiência do sono (95±5,46).

Tabela 2. Caracterização das horas de sono por noite, latência e eficiência do sono dos estudantes

| Variáveis | M±DP |
|------------------------|----------|
| Horas por noite (h) | 7,5±1,49 |
| Latência do sono (min) | 20±25,62 |
| Eficiência do sono (%) | 96±5,46 |

Dados expressos em média±desvio padrão; M-média; DP-desvio padrão; h- horas; min-minutos; %-porcentagem

A Tabela 3, retrata que qualidade do sono ruim foi observada em 56% (n=40), 37% (n=27) dos participantes, apresentaram boa qualidade do sono e 7% (n=5) aduziram indicativo de distúrbio do sono.

Tabela 3. Classificação da qualidade do sono dos discentes.

| Classificação | n (%) |
|--------------------|----------|
| Boa | 27 (37) |
| Ruim | 40 (56) |
| Distúrbios do sono | 5 (7) |
| Total | 72 (100) |

Dados expressos em frequência e porcentagem

DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo mostram que os estudantes universitários entrevistados, apresentaram uma qualidade do sono ruim de acordo com os critérios do PSQI-BR, corroborando com o estudo de *Martini et al*, (2012), realizado em uma instituição de ensino privada do município de Guarapuava (PR), com a participação de 199 alunos com idade média de $23,01 \pm 5,41$ anos, o qual encontrou alta prevalência de alunos que relataram má qualidade do sono.

Um estudo de *Santos et al*, (2020), realizado em uma instituição pública de Salvador (BA), com a participação de 286 universitários de enfermagem, com idade média de $23,48 \pm 4,42$,

apontou que a maioria dos universitários apresentaram qualidade do sono ruim corroborando com os achados do nosso estudo.

Já no estudo realizado por Carone et al, (2020), a prevalência autopercebida de sono de baixa qualidade foi de 30% associando aos resultados desse estudo, sendo maior entre as mulheres (32,6%), indivíduos de cor de pele parda (36,6%) ou preta (34,7%), fumantes (38,5%), com consumo nocivo de álcool (35,4%) e que referiram mais de cinco horas diárias de uso de tela (36,5%). A prevalência de sono de baixa qualidade autopercebida foi menor entre os estudantes que moravam sozinhos (23,3%).

Do exposto, as alterações ocasionadas pela pandemia do coronavírus, só evidencia a necessidade de urgência nos cuidados com a saúde e qualidade de vida das pessoas uma vez que a rotina do isolamento social favoreceu a alterações importante no sono de baixa qualidade com elevada prevalência entre os universitários.

Nesse sentido, o corpo docente e coordenação das instituições, devem estar cientes que aprender e oferecer intervenções cognitivas e comportamentais relacionadas ao sono dos alunos, é de suma importância para o desenvolvimento pessoal e acadêmico.

Baseando-se nos resultados, observa-se a necessidade de uma reconstrução do plano pedagógico, principalmente no que diz respeito aos horários das aulas, além de planejar formas de intervir na busca da amenização dos efeitos da privação do sono. Com isso,

surge como alternativa de solução para esse problema, o desenvolvimento de programas de educação interligados diretamente ao sono.

Dessa forma, Schipper e Vestana. (2021) ressaltam que a intervenção pedagógica pode influenciar na amenização das dificuldades do sono, além de melhorar seus hábitos e otimizar o aprendizado dos alunos.

Portanto, ao deparar-se com a vivência do distanciamento social, faz-se necessário um novo olhar sobre a ressignificação do processo de ensino e aprendizagem considerando aspectos físicos, sociais e mentais, dando ênfase nas mudanças de rotinas das atividades acadêmicas e no contexto social que esses alunos estão inseridos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados observados, foi possível identificar que os discentes de Educação Física Licenciatura da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), retratam em sua maioria, má qualidade do sono, evidenciando que o período da pandemia da COVID-19 pode ter contribuído para tal classificação, já que a mesma alterou significativamente diversos âmbitos da sociedade em geral.

Diante do exposto, é notório a importância de adquirir hábitos de sono saudável, visando a melhoria diversos aspectos, dentre eles a

consolidação da memória e o desenvolvimento dos processos cognitivos.

REFERÊNCIAS

BERRY RB; BROOKS R; GAMALDO CE; HARDING SM; MARCUS CL; VAUGHN BV et al. The AASM Manual for the Scoring of Sleep and Associated Events: Rules, Terminology and Technical Specifications, Version 2.0. Darien (IL): **American Academy of Sleep Medicine**, 2012. Disponível em: <http://arkansas-sleep.squarespace.com/s/Brooks-Scoring-Manual-Updates-1-19-17.pdf>. Acesso em: 22 de jan. 2022.

BERTOLAZI, Alessandra Naimaier. **Tradução, Adaptação Cultural e Validação de dois Instrumentos de Avaliação do Sono: Escala de Sonolência de Epworth e Índice de Qualidade de Sono de Pittsburgh**. 2008. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Medicina, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/14041/000653543.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 07 jul. 2021.

CARONE, Caroline Maria de Mello; SILVA, Bianca del Ponte da; RODRIGUES, Luciana Tovo; TAVARES, Patrice de Souza; CARPENA, Marina Xavier; SANTOS, Iná S. Fatores associados a distúrbios do sono em estudantes universitários. **Cadernos de Saúde Pública**, [S.L.], v. 36, n. 3, p. 1-16, 2020. Disponível em: <https://www.scielosp.org/article/csp/2020.v36n3/e00074919/pt/#> Acesso em: 09 ago. 2021.

CARSKADON MA, DEMENT WC. Normal Human Sleep: An Overview. In: Kryger MH, Roth T, Dement WC, editors. Principles and Practice of Sleep Medicine. 5th ed. St. Louis: Elsevier Saunders; p. 16-26, 2011. Disponível:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781416066453000025?via%3Dihub>. Acesso em: 22 fev. 2022.

CESPEDES, Mateus da Silveira; SOUZA, José Carlos Rosa Pires de. Coronavirus: a clinical update of covid-19. **Revista da Associação Médica Brasileira**. v. 66, n. 2, p. 116-123, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ramb/a/x5Rp3mzfnhc9xVPq7zFhX9B/?lang=en>. Acesso em: 14 ago. 2021.

ELESBÃO, Heloisa; RAMOS, Eduardo Rodrigues; SILVA, Juliana Oliveira da; BORFE, Leticia. A influência da atividade física na promoção da saúde em tempos de pandemia de COVID-19: uma revisão narrativa. **Revista Interdisciplinar de Promoção da Saúde**, [s. l], v. 3, n. 4, p. 158-164, 2020. Disponível em: <https://online.unisc.br/seer/index.php/ripsunisc/article/view/16107>. Acesso em: 21 nov. 2021.

GONZÁLEZ, José Javier Elizalde. SARS-CoV-2 y COVID-19. Una revisión de la pandemia. **Medicina Crítica**. v. 33, n. 1, p. 53-67, 2020. Disponível em: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumenI.cgi?IDARTICULO=93281>. Acesso em: 13 ago. 2021.

LIMA, Margareth Guimarães; BARROS, Marilisa Berti de Azevedo; SZWARCOWALD, Celia Landmann; MALTA, Deborah Carvalho; ROMERO, Dalia Elena; WERNECK, André Oliveira; SOUZA JÚNIOR, Paulo Roberto Borges de. Associação das condições sociais e econômicas com a incidência dos problemas com o sono durante a pandemia de COVID-19. **Cadernos de Saúde Pública**, [S.L.], v. 37, n. 3, p. 1-10, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/jzvVg8X5fDZ96VFvm7NV8Gr/?lang=pt#>. Acesso em: 13 ago. 2021.

LOPES, Higor Santos; MEIER, Denise Andrade Pereira; RODRIGUES, Renne. Qualidade do sono entre estudantes de enfermagem e fatores associados. **Ciências Biológicas e da Saúde**. v. 39, n. 2, p. 129-136, 2018. Disponível em:

<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/seminabio/article/view/32236/24760>. Acesso em: 14 ago. 2021.

MARTINI, Mayara; BRANDALIZE, Michelle; LOUZADA, Fernando Mazzilli; PEREIRA, Érico Felden; BRANDALIZE, Danielle. Fatores associados à qualidade do sono em estudantes de Fisioterapia. *Fisioterapia e Pesquisa*, [S.L.], v. 19, n. 3, p. 261-267, set. 2012. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/fp/a/QpJvcsvCMMTjVMsmm4prnyn/?lang=pt>. Acesso em: 11 ago. 2021.

MORAIS, Luana Carolina de; ZANUTO, Everton Alex Carvalho.; QUEIROZ, Dayane Cristina; ARAÚJO, Monique Yndawe Castanho; ROCHA, Ana Paula Rodrigues; CODOGNO, Jamile Sanches. Associação entre distúrbios do sono e doenças crônicas em pacientes do sistema único de saúde. *Journal of Physical Education*, v. 28, n. 1, p. e-2844, 29 Jun. 2017. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/RevEducFis/article/view/29994>. Acesso em: 27 jun. 2021.

MOTA, Isabella Araújo; OLIVEIRA SOBRINHO, Gilberto Diniz de; MORAIS, Iuara Paiva Silva; DANTAS, Thamires Ferreira. Impact of COVID-19 on eating habits, physical activity and sleep in Brazilian healthcare professionals. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*. v. 79, n. 5, p. 429-436, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/anp/a/HZyYRd5634Pp4hhqcGWrhPB/?lang=en>. Acesso em: 14 ago. 2021..

OLIVEIRA, Wanderson Kleber de; DUARTE, Elisete; FRANÇA, Giovanni Vinícius Araújo de; GARCIA, Leila Posenato. Como o Brasil pode deter a COVID-19. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*. v. 29, n. 2, p. 1-8, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ress/a/KYNshrcc8MdQcZHgZzVChKd/?lang=pt>. Acesso em: 13 ago. 2021.

PEÇANHA, Tiago; GOESSLER, Karla Fabiana; ROSCHEL, Hamilton; GUALANO, Bruno. Social isolation during the COVID-19 pandemic can increase physical inactivity and the global burden of cardiovascular disease. **American Journal Of Physiology-Heart And Circulatory Physiology**, [S.L.], v. 318, n. 6, p. 1441-1446, 1 jun. 2020. Disponível em: American Physiological Society. <http://dx.doi.org/10.1152/ajpheart.00268.2020>. Acesso em: 21 nov. 2021.

SANTOS, Andréia Ferreira dos; MUSSI, Fernanda Carneiro; PIRES, Cláudia Geovana da Silva; SANTOS, Carlos Antônio de Souza Teles; PAIM, Melissa Almeida Santos. Qualidade do sono e fatores associados em universitários de enfermagem. **Acta Paulista de Enfermagem**, [S.L.], v. 33, p. 1-8, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ape/a/KjWpQyKhVm9dBhXRm87cHqs/?lang=pt>. Acesso em: 13 ago. 2021.

SCHIPPER, Carla Maria de; VESTENA, Carla Luciane Blum. Intervenção Pedagógica para o Desenvolvimento Cognitivo e Moral de Adolescentes com Deficiência Intelectual em uma Escola Especial. **Revista Brasileira de Educação Especial**, [S.L.], v. 27, p. 1-18, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbee/a/YnCPbc5yQN5LXH6V6QD3vRm/>. Acesso em: 11 ago. 2021.

SOUZA, Luiz Felipe Ferreira de; PAINEIRAS-DOMINGOS, Laisa Liane; MELO-OLIVEIRA, Maria Eduarda de Souza; PESSANHA-FREITAS, Juliana; MOREIRA-MARCONI, Eloá; LACERDA, Ana Cristina Rodrigues; MENDONÇA, Vanessa Amaral; SÁ-CAPUTO, Danubia da Cunha; BERNARDO-FILHO, Mario. The impact of COVID-19 pandemic in the quality of sleep by Pittsburgh Sleep Quality Index: a systematic review. **Ciência & Saúde Coletiva**, [S.L.], v. 26, n. 4, p. 1457-1466, abr. 2021. Disponível em: <https://www.scielo.org/article/csc/2021.v26n4/1457-1466/>. Acesso em: 12 ago. 2021.

TAYLOR, Daniel J.; BRAMOWETH, Adam D.; GRIESER, Emily A.; TATUM, Jolyn I.; ROANE, Brandy M.. Epidemiology of Insomnia in College Students: relationship with mental health, quality of life, and substance use difficulties. **Behavior Therapy**, [S.L.], v. 44, n. 3, p. 339-348, set. 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/239943166_Epidemiology_of_Insomnia_in_College_Students_Relationship_With_Mental_Health_Quality_of_Life_and_Substance_Use_Difficulties. Acesso em: 10 ago. 2021.

World Health Organization (WHO). Coronavirus disease (COVID-19) Pandemic. [Internet]. World Health Organization, 2020. Disponível em: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019>. Acesso em: 14 ago. 2021.

WUNSCH, Kathrin; KASTEN, Nadine; FUCHS, Reinhard. The effect of physical activity on sleep quality, well-being, and affect in academic stress periods. **Nature And Science Of Sleep**, [S.L.], v. 9, p. 117-126, 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28490911/>. Acesso em: 12 ago. 2021.

AVALIAÇÃO DOS SINTOMAS SEGUNDO A ESCALA DE DEPRESSÃO, ANSIEDADE E ESTRESSE (DASS-21) NA POPULAÇÃO DE UM ESTUDO DE SOROPREVALÊNCIA DA COVID-19

Maria Clara Santana da Silva¹

Isadora Feitosa Melo²

Doralice Limeira da Silva³

Maria Edileuza Soares Moura⁴

INTRODUÇÃO

O coronavírus da Síndrome Respiratória Aguda Grave-2 (SARS-CoV-2) pertence à família *Coronaviridae*, gênero *Betacoronavirus*, subgênero *Sarbecovirus* e é o sétimo coronavírus humano descrito (KHALIL; KHALIL, 2020). Esta família de vírus causa infecções respiratórias e intestinais em humanos e animais, os primeiros registros em humanos foram identificados em meados da década de 1960, apresentando baixa patogenicidade e sintomas de resfriado comum. A COVID-19, doença causada pelo SARS-CoV-2, apresenta espectro clínico variável de infecções assintomáticas a quadros graves, com causas de óbito que variam por faixa etária e condições clínicas associadas (LIMA, 2020).

¹ Discente do Curso de Bacharelado em Enfermagem no Centro de Estudos Superiores de Caxias - Universidade Estadual do Maranhão – CESC / UEMA. Bolsista PIBIC/UEMA.

² Discente do curso de Medicina no Centro de Estudos Superiores de Caxias - Universidade Estadual do Maranhão – CESC / UEMA. Bolsista PIBIC/FAPEMA.

³ Mestre em Biodiversidade, Ambiente e Saúde pela Universidade Estadual do Maranhão.

⁴ Docente no Departamento de Ciências da Saúde da Universidade Estadual do Maranhão. Doutora em Medicina Tropical e Saúde Pública.

A partir de 30 de janeiro de 2020, a COVID-19 foi considerada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) uma emergência internacional de saúde pública e em 10 de março do mesmo ano uma pandemia. No Brasil, o primeiro caso dessa infecção foi confirmado no dia 26 de fevereiro de 2020, no município de São Paulo (Sudeste do Brasil) e em 20 de março de 2020, declarou-se transmissão comunitária em território nacional (CONASEMS, 2020; GARCIA, VIEIRA, SILVA, 2020). Assim, o SARS-CoV-2 é o responsável pela pandemia que se estende de março de 2020 aos dias atuais, com alta morbidade e letalidade, especialmente em grupos de risco (multimorbidade) e idosos (BRASIL, 2020a).

O cenário pandêmico do SARS-CoV-2 é um dos mais desafiadores da história mundial contemporânea, a nível global, no primeiro ano da pandemia (março de 2020 a fevereiro de 2021) foram notificados à Organização Mundial de Saúde 113.784.735 casos de COVID-19, sendo 10.517.232 no Brasil e destes 219.307 no Maranhão. No mesmo período foram 2.525.401 óbitos mundiais, 254.221 no Brasil e 5.052 no Maranhão (BRASIL, 2021; SESMA, 2021b).

O Brasil destaca-se como o segundo país com maior número de pessoas infectadas e de óbitos, atrás apenas dos Estados Unidos da América. O rompimento da cadeia epidemiológica é fundamental e exige a separação entre indivíduos sadios e doentes, embora essas medidas sejam baseadas em evidências científicas e indispensáveis para a proteção da saúde da população, podem impactar

negativamente a saúde mental daqueles que as vivenciam, bem como contribuir para o desencadeamento de reações e sintomas de estresse, ansiedade e depressão (FIOCRUZ, 2020).

O período entre a infecção por SARS-CoV-2 e o início dos sintomas entre humanos varia de 2 a 14 dias. Há uma estimativa de que uma pessoa infectada pode transmitir o vírus a dois ou três outros indivíduos, através da via respiratória, por secreções nasofaríngeas (tosse, espirros e coriza) (CONASEMS, 2020). Com o quadro clínico inicial semelhante a uma síndrome gripal, o diagnóstico da COVID-19 pode ser realizado por investigação clínico-epidemiológica, anamnese e exame físico adequado a partir de sinais e sintomas. Para maior precisão é importante o diagnóstico laboratorial, que pode ser por testes de biologia molecular (RT-qPCR), imunológicos (sorologia) ou quimioluminescência e imunocromatografia (testes rápidos), que identificam a proteína viral ou anticorpos IgM, IgA e/ou IgG constatando a resposta imunológica do indivíduo, como infecção ativa ou pregressa, por essa razão são indicados a partir do 8º dia do início dos sintomas (BRASIL, 2020b).

A fim de prevenir a exposição ao vírus, foram estabelecidas algumas medidas desde a confirmação da situação de pandemia, são elas: o distanciamento social, aproximadamente 2 metros durante a circulação de indivíduos; a quarentena, restrição da circulação de indivíduos expostos, para observar se foram infectados; e o

isolamento de acometidos, para evitar que infectados transitem em meio a indivíduos sadios (FARO, 2020).

Tais medidas geraram na sociedade a sensação de descontrole e impotência frente à pandemia, passar a maior parte do tempo buscando e recebendo notícias sobre número de casos, de hospitalizações e de óbitos, a preocupação com a falta de suprimentos, as *Fake News* espalhadas nas redes sociais, foram e são fatores relevantes para o desenvolvimento de distúrbios emocionais, depressão, estresse, humor depressivo, irritabilidade, insônia e sintomas de estresse pós-traumático durante a pandemia da COVID-19 (SANTOS *et al.*, 2020a).

Considerando o cenário da pandemia causada pelo SARS-CoV-2, este estudo objetivou analisar a soroprevalência da infecção e os escores relatados relacionados a depressão, ansiedade e estresse em moradores de um município de grande porte do Maranhão acometidos pela COVID-19, segundo a escala de Depressão, Ansiedade e Estresse (DASS-21).

METODOLOGIA

Trata-se de um estudo transversal, descritivo, analítico, com indivíduos que foram infectados pelo SARS-CoV-2, avaliando as principais características emocionais e epidemiológicas nesse grupo de pessoas. Estudos de prevalência são inquéritos que utilizam marcadores sorológicos, sendo particularmente úteis para infecções

virais e bacterianas que induzem à formação de anticorpos ou outros marcadores biológicos específicos. Este tipo de estudo tem sido utilizado para determinar a distribuição geográfica de inúmeras doenças, frequentemente usados para avaliar o planejamento em saúde pública como etapa inicial (linha de base) e para avaliar Programas de Controle (IPTSP, SD).

Dentre os 217 municípios do estado do Maranhão, foi selecionada para o estudo a cidade de Caxias, considerando a prevalência de casos de COVID-19 (atendendo a orientação da Organização Mundial de Saúde para estudos de prevalência durante a pandemia pelo SARS-CoV-2), apresentando alta taxa de incidência da infecção por SARS-Cov-2. O município localiza-se na região do leste maranhense e tem uma população segundo estimativa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2020) de 165.525 habitantes.

O tamanho da amostra foi calculado utilizando o programa Epi Info 7 (*Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, Estados Unidos*) para o cálculo da amostra mínima, adotando os seguintes parâmetros: intervalo de confiança de 95% (IC95%), precisão de 5% e nível de significância de 5%, totalizando 59 participantes residentes em Caxias. Inicialmente tentou-se incluir residentes de um município de médio porte no estudo, no entanto não foi possível realizar a pesquisa no segundo município, por não

disponibilização da anuência institucional da Secretaria Municipal de Saúde do segundo município.

Foram critérios de inclusão: indivíduo residente em Caxias, indicado para recrutamento na investigação a partir da notificação pelo sistema de vigilância em saúde como caso de COVID-19, maior de 18 anos. Foram critérios de exclusão: portador de doença que curse com imunodeficiência ou recusa em dar consentimento informado.

Os participantes do estudo foram selecionados através do modelo de amostra por bola de neve, técnica de amostragem não probabilística onde os indivíduos selecionados para serem estudados indicam novos participantes da sua rede de conhecidos com antecedentes da infecção por SARS-CoV-2. Participaram desta pesquisa apenas cidadãos que foram notificados pelo sistema de vigilância em saúde do município de Caxias- MA.

Uma vez apto como participante da pesquisa, seguindo os critérios de elegibilidade, solicitou-se que cada pessoa recrutada na investigação preenchesse um questionário *online*, acerca de informações de saúde mental, as perguntas contemplaram: responder às afirmativas da Escala de Depressão, Ansiedade e Estresse (DASS-21) conciliada por Martins e colaboradores (2019).

A escala de Depressão, Ansiedade e Estresse (DASS-21) foi desenvolvida por Lovibond e Lovibond em 1995, a fim de medir e diferenciar os sintomas de ansiedade e depressão. A DASS-21 é um instrumento de autorrelato, com 21 questões e a pontuação é baseada

por uma escala do tipo Likert de quatro pontos, variando de 0 (discordo totalmente) a 3 (concordo totalmente), no caso dessa pesquisa, retomando às sensações experimentadas desde o diagnóstico da COVID-19 ao isolamento. Na escala, as afirmativas 1, 6, 8, 11, 12, 14 e 18 formaram a subescala de estresse; as afirmativas 2, 4, 7, 9, 15, 19, e 20 formaram a de ansiedade e as afirmativas 3, 5, 10, 13, 16, 17 e 21 formaram a subescala de depressão (MARTINS, *et al.*, 2019).

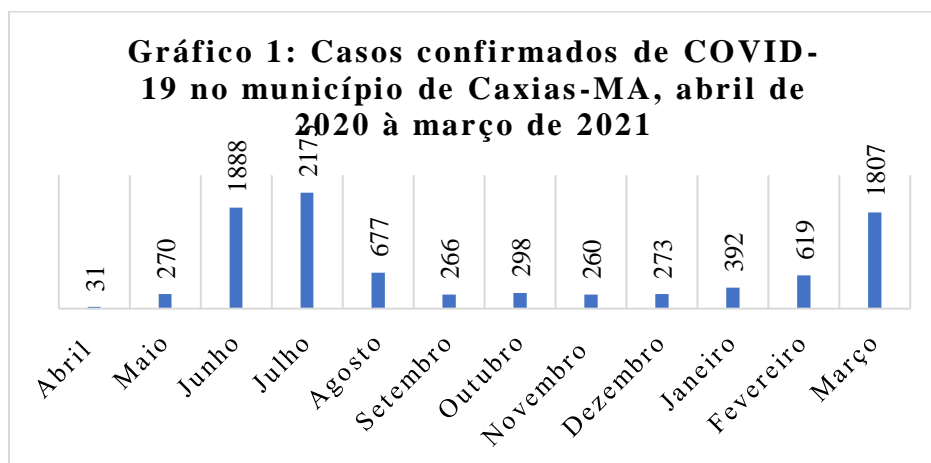
O projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) e aprovado, sob o parecer de número: 4.356.353, de 22 de outubro de 2020. Mediante autorização do CEP e da SMS de Caxias iniciou-se o estudo seguindo as recomendações da Resolução nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde e atualizações garantindo o anonimato dos participantes. Os indivíduos que aceitaram participar do estudo assinaram virtualmente o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) autorizando sua participação no estudo. O período de coleta de dados ocorreu entre os dias 13 de maio e 21 de julho de 2021.

Esta investigação representou risco mínimo para os participantes, pois a coleta de dados ocorreu de modo remoto, os resultados têm potencial para melhorar e orientar os esforços no impacto psicossocial da infecção COVID-19 e podem contribuir para direcionar esforços para mitigar o adoecimento mental decorrente da doença.

A confidencialidade quanto a identidade do participante foi garantida durante toda a investigação. Todos os indivíduos que participaram da investigação receberam um número de identificação no estudo. O sigilo deste número de identificação para os indivíduos foi mantido pela equipe de investigação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

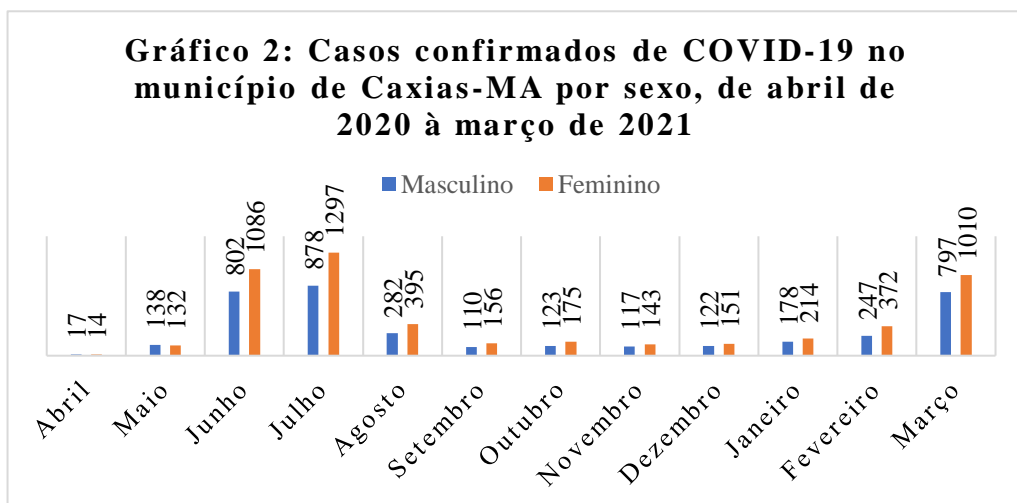
Com o objetivo de analisar a soroprevalência da infecção pelo SARS-CoV-2 buscou-se os dados liberados pelo Sistema de Vigilância em Saúde da Secretaria Municipal de Saúde de Caxias, constatou-se que no primeiro ano de pandemia (abril de 2020 a março de 2021) foram confirmados 8.956 casos (prevalência = 5,4%), com junho e julho de 2020 destacando-se como os meses de maior incidência dessas ocorrências, como exposto no Gráfico 1.



Fonte: Sistema de Vigilância em Saúde da Secretaria Municipal de Saúde de Caxias.

A alta incidência em junho e julho pode estar relacionada aos períodos festivos destes meses (festividades juninas e férias, respectivamente), cabendo destacar que embora muitas pessoas seguissem as recomendações de distanciamento social, outras ignoraram, como ainda há quem haja assim, aumentando o risco de sustentação da cadeia de transmissão para si e para contatos próximos.

Os dados fornecidos pelo Sistema de Vigilância em Saúde da Secretaria Municipal de Saúde de Caxias permitiram o comparativo da amostra desse estudo com a realidade dos casos no município, em ambos, o número de casos confirmados do sexo feminino foi prevalente (Gráfico 2).



Fonte: Sistema de Vigilância em Saúde da Secretaria Municipal de Saúde de Caxias.

Segundo o Boletim COVID-19 do estado do Maranhão (SESMA, 2021b), no mesmo período foram constatados 120 óbitos da doença no município de Caxias, desses, 77 no sexo masculino, relacionando-se ao que Santos e colaboradores (2020b) evidenciaram em um estudo sobre o perfil epidemiológico dos casos e óbitos por COVID-19 nos estados da região Nordeste, que embora verifique-se mais casos confirmados de mulheres, os homens têm maior risco de evolução para desfechos graves e/ou óbito.

Empiricamente, as mulheres possuem mais responsabilidades, quando tratando-se ao trabalho, filhos, administrar o lar, o que aumenta a necessidade de deslocamento e conseqüentemente o risco de infecção, apesar da maior propensão à infectarem-se, há evidência de que o organismo humano feminino possui melhor resposta ao SARS-CoV-2: a ativação de citocinas é intensa, mas aquelas que poderiam amplificar o dano no organismo encontram-se em menor número, bem como a expressão de genes dos neutrófilos são reduzidos, evitando o rápido agravamento da infecção (FREIRE *et al*, 2020).

A prevalência de óbitos em indivíduos do sexo masculino pode relacionar-se à argumentação de Medrado e colaboradores (2021) ao elucidarem a “forma de socialização masculina cisheteronormativa” como uma abjeção às práticas de cuidado individuais e coletivas e rejeição às práticas preventivas em saúde, o que dificulta as principais práticas para evitar a disseminação da

COVID-19: distanciamento social, o uso de máscaras de proteção e a higienização das mãos (MEDRADO *et al.*, 2021).

As primeiras doses da vacina contra o SARS-CoV-2 chegaram ao município de Caxias no dia 19 de janeiro de 2021, a Coronavac, do Instituto Butantan. Atualmente também estão sendo utilizados outros imunizantes, ainda assim, nenhum garante 100% de imunidade contra a COVID-19, embora diminuam os riscos de complicações mais graves, a população em geral deve continuar com ações preventivas diárias. São imprescindíveis nesse combate como medidas de saúde pública: a higiene das mãos com água e sabão ou preparação alcoólica; evitar tocar olhos, nariz e boca sem higienização das mãos; evitar contato próximo com pessoas doentes; cobrir boca e nariz ao tossir ou espirrar, com cotovelo flexionado ou utilizando-se de um lenço descartável; ficar em isolamento social quando estiver doente, manter distanciamento social de cerca de dois metros em ambientes públicos e limpar e desinfetar objetos e superfícies tocados com frequência (CASTRO, 2021; BRASIL, 2020b).

Quanto a análise dos escores relatados relacionados a depressão, ansiedade e estresse em moradores que foram acometidos pela COVID-19 no município de Caxias, Maranhão, segundo a escala de Depressão, Ansiedade e Estresse (DASS-21) foram recrutados de forma remota 88 participantes com respostas computadas, 8 respostas foram deletadas, dentre as causas: idade menor que 18 anos ($n = 3$), portador de doença que curse como imunodeficiência ($n = 2$)

e duplicação de dados ($n = 3$). A análise foi realizada a partir das respostas de 80 indivíduos residentes no município de Caxias, estes com idade média de 31 anos, variando de 18 a 75 anos. Na Tabela 1 são encontradas as características dos participantes do estudo, sendo a maioria do sexo feminino (62,5%), na faixa etária de 20-29 anos (51,25%), autodeclarados pardos (61,25%) e com 10 ou mais anos de escolaridade (90%).

Tabela 1 - Caracterização dos participantes da pesquisa (n=80)

| VARIÁVEIS | N (%) |
|---------------------|-----------|
| SEXO | |
| Masculino | 30 (37,5) |
| Feminino | 50 (62,5) |
| IDADE | |
| 18 - 19 anos | 4 (5,0) |
| 20 - 29 anos | 41 (51,3) |
| 30 - 39 anos | 12 (15,0) |
| 40 - 49 anos | 9 (11,3) |
| 50 - 59 anos | 12 (15,0) |
| 60 ou mais | 2 (2,5) |
| RAÇA/ COR | |
| Preto | 13 (16,3) |
| Pardo | 49 (61,3) |
| Amarelo | 4 (5,0) |
| Branco | 14 (17,5) |
| ESCOLARIDADE | |
| 10 anos ou mais | 72 (90,0) |
| 5-9 anos | 7 (8,8) |
| Analfabeto | 1 (1,3) |

Fonte: SILVA *et al.*, 2021.

A Tabela 2 apresenta os dados referentes à escala DASS-21, o nível médio de estresse foi de 7,98, variando entre 0 e 15 pontos, do total analisado 96,25% apresentaram sintomas normais e 3,75%

sintomas leves, sem casos de sintomas moderados (0), sintomas severos (0) e sintomas extremamente severos (0). O nível médio de ansiedade foi de 10,34, variando entre 0 e 21 pontos. Do total analisado, 21,25% apresentaram sintomas normais, 17,50% sintomas leves, 42,50% sintomas moderados, 16,25% sintomas severos e 2,50% sintomas extremamente severos. O nível médio de depressão foi 9,13, variando entre 0 e 19 pontos, do total analisado, 58,75% apresentaram sintomas normais, 21,25% sintomas leves, 20% sintomas moderados, sem indivíduos com sintomas severos (0) e sintomas extremamente severos (0).

Tabela 2- Variáveis de estresse, ansiedade e depressão segundo a Escala DASS-21 (n = 80)

| SINTOMAS | DEPRESSÃO(%) | ANSIEDADE(%) | ESTRESSE(%) |
|---------------------|--------------|--------------|-------------|
| NORMAL | 47 (58,8) | 17 (21,3) | 77 (96,3) |
| LEVE | 17 (21,3) | 14 (17,5) | 3 (3,8) |
| MODERADO | 16 (20,0) | 34 (42,5) | 0 |
| SEVERO | 0 | 13 (16,3) | 0 |
| EXTREMAMENTE SEVERO | 0 | 2 (2,5) | 0 |

Fonte: SILVA *et al.*, 2021.

Indivíduos com transtornos ansiosos estão propensos a superestimar o perigo e subestimar os recursos pessoais para enfrentamento de situações, a preocupação persistente e excessiva é a característica principal do Transtorno de Ansiedade Generalizada (TAG), porém essas preocupações são acompanhadas de sintomas físicos, como taquicardia, sudorese, insônia, fadiga, dificuldade de

relaxar e dores musculares. O presente estudo ratifica que a pandemia do SARS-CoV-2 é um fator desencadeante de sofrimento psíquico, especialmente em mulheres, com grau elevado de escolaridade e que se enquadram na faixa de 20-29 anos, o que pode-se justificar por estarem em idade laboral, buscarem notícias constantemente e compreenderem os riscos da infecção, elevando o nível de preocupações, principalmente àquelas que se infectaram com o SARS-CoV-2 (RAFAEL et al., 2021).

O resultado mais incisivo está relacionado aos sintomas de ansiedade durante a infecção de COVID-19, considerada como um dos agravos do século XXI, a ansiedade é profundamente influenciada por situações de trauma e estresse, o que reforça a necessidade do autocuidado em tempos de pandemia: estabelecer uma rotina, incluindo alimentação e sono; praticar exercícios físicos, cognitivos (cursos online e leitura de livros) e de relaxamento (como de respiração e meditação) e eleger canais de comunicação confiáveis para obter informações (como a Organização Mundial da Saúde). São estratégias capazes de acionar a sensação de retomada de controle, aumentar a capacidade de resiliência e promover a sensação de produtividade, uma vez que auxiliam no controle do estresse e no reenquadramento do foco no momento pandêmico (FIOCRUZ, 2020).

CONCLUSÃO

Com base nos dados liberados pelo Sistema de Vigilância em Saúde da Secretaria Municipal de Saúde de Caxias, constatou-se que no primeiro ano de pandemia (abril de 2020 a março de 2021) foram confirmados 8.946 casos (prevalência = 5,4%), com junho e julho de 2020 destacando-se como os meses de maior incidência dessas ocorrências.

Na amostra do estudo predominou o sexo feminino, com idade de 20 a 29 anos, autodeclarados pardos e com escolaridade de 10 ou mais anos, os dados referentes à escala DASS-21, o nível médio de estresse foi de 7,98, variando entre 0 e 15 pontos, o nível médio de ansiedade foi de 10,34, variando entre 0 e 21 pontos, com 42,50% relatando sintomas moderados; já o nível médio de depressão foi 9,13, variando entre 0 e 19 pontos, do total analisado, com 20% relatando sintomas moderados. Assim, identificou-se a ansiedade influenciada por situações traumáticas, o que reforça a necessidade do autocuidado da saúde mental em tempos de pandemia.

REFERÊNCIAS

BRASIL, Ministério da Saúde. **BOLETIM EPIDEMIOLÓGICO ESPECIAL: Doença pelo Coronavírus COVID-19**. Brasília/DF. Secretaria de Vigilância em Saúde, 2021.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Guia de Vigilância Epidemiológica Emergência de Saúde Pública de Importância Nacional pela**

Doença pelo Coronavírus 2019. Secretaria de Vigilância em Saúde. Brasília/DF, p. 1-136, 2020a.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Protocolo de Manejo Clínico para o novo coronavírus (2019- nCov).** Ministério da Saúde. Brasília-DF. 1ª ed., p. 1-32. 2020b.

CASTRO, R. Vacinas contra a Covid-19: o fim da pandemia? **Physis** [online]. v. 31, n. 01. p. 1-5. 2021.

CONASEMS, Conselho Nacional de Secretarias Municipais de Saúde. **COVID-19: Guia Orientador para o enfrentamento da pandemia Covid-19 na Rede de Atenção à Saúde.** Brasília. Vigilância de Síndromes Respiratórias Agudas - CONASS, 4ªed., p. 1-154, 2020.

FARO, A *et al.* COVID-19 e saúde mental: a emergência do cuidado. **Estud. psicol. (Campinas)**, Campinas, v. 37, e200074, 1-14, 2020.

FREIRE, P.P., *et al.* Assinaturas de transcrição imunorregulatórias específicas revelam diferenças de sexo e idade em pacientes infectados com SARS-CoV-2. **Revista eletrônica: MedRxiv.** Preprint. 1-36, 2020.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. **Saúde Mental e Atenção Psicossocial na Pandemia de COVID-19:** recomendações gerais. Rio de Janeiro, FIOCRUZ, p. 1-8, 2020.

GARCIA FILHO, C; VIEIRA, L. J. E. S; SILVA, R. M. Buscas na internet sobre medidas de enfrentamento à COVID-19 no Brasil: descrição de pesquisas realizadas nos primeiros 100 dias de 2020. **Epidemiol. serv. saúde** [online]. Brasília. v. 29. n. 3. 1-6. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. População estimada: Caxias – MA. Rio de Janeiro, 2020.

IPTSP. **Estudos de prevalência**. SD. Disponível em:
[https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/59/o/Modulo1-
Estudosdeprevalencia.pdf](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/59/o/Modulo1-Estudosdeprevalencia.pdf).

KHALIL, O. A. K., KHALIL, S. S. SARS-CoV-2: Taxonomia, Origem e Constituição. **Rev Med.** São Paulo. v. 99. n. 5. 473-479, 2020.

MARTINS, B. G. *et al.* Escala de Depressão, Ansiedade e Estresse: propriedades psicométricas e prevalência das afetividades. **J. bras. psiquiatr.** Rio de Janeiro; v.68, n.1, p.32-41, 2019.

LIMA, C. M. A. O. Information about the new coronavirus disease (COVID-19). **Radiol. Bras.** [online]. 2020, v. 53, n. 2., p. V-VI. 2020.

MEDRADO, B. *et al.* Homens e masculinidades e o novo coronavírus: compartilhando questões de gênero na primeira fase da pandemia. **Ciênc. Saúde Colet.** [online]. 2021, v. 26, n. 01, p. 179-183. 2021.

RAFAEL, R. M. R. *et al.* Psychological distress in the COVID-19 pandemic: prevalence and associated factors at a nursing college. **Rev. Bras. Enferm.**; v.74(Suppl 1), e20210023, 1-8. 2021.

SANTOS, K. O. B. *et al.* Trabalho, saúde e vulnerabilidade na pandemia de COVID-19. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 36, n. 12, 2020a.

SANTOS, G. R. A. C, *et al.* Perfil epidemiológico dos casos e óbitos por COVID-19 nos estados da região Nordeste. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 12. n. 12. 2020b.

SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE DO MARANHÃO (SESMA). **BOLETIM EPIDEMIOLÓGICO COVID-19**. Secretaria de Vigilância em Saúde, 2021a.

SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE DO MARANHÃO (SESMA). **BOLETINS COVID-19**. Secretaria de Vigilância em Saúde, 2021b.

**ESTRATÉGIAS DE INVESTIGAÇÃO DOS
CONDICIONANTES PARA OCORRÊNCIA DE INCIDENTES
RELACIONADOS AO PREPARO E ADMINISTRAÇÃO DE
MEDICAMENTOS EM UMA MATERNIDADE**

Misslane Moraes da Silva¹

Maria Clara Santana da Silva²

Rafael Carvalho de Maria³

Maria Edileuza Soares Moura⁴

INTRODUÇÃO

A administração de medicamentos é uma atividade dinâmica e complexa formada pela produção, prescrição, dispensação, preparação e administração. Esse processo está inserido nas funções assistenciais da equipe de enfermagem e é uma das principais intervenções implementadas nos serviços de saúde. A sua realização de maneira qualificada demanda conhecimento técnico-científico da equipe (ROCHA *et al.*, 2020; PINHEIRO *et al.*, 2020).

O relatório *To Err is Human*, do *Institute Of Medicine* mostrou que cerca de cem mil pessoas morrem anualmente devido à Eventos Adversos (EA). Em resposta à crescente preocupação com os EA, a Organização Mundial de Saúde (OMS) criou a *World Alliance for*

¹ Graduanda do curso de Enfermagem da Universidade Estadual do Maranhão (CESC/UEMA); Bolsista PIBIC/UEMA.

² Graduanda do curso de Enfermagem da Universidade Estadual do Maranhão (CESC/UEMA); Colaboradora.

³ Mestre em Biodiversidade, Ambiente e Saúde pela Universidade Estadual do Maranhão (CESC/UEMA).

⁴ Docente no Departamento de Ciências da Saúde da Universidade Estadual do Maranhão (CESC/UEMA).

Patient Safety em 2004, um programa com iniciativas no campo educacional e da pesquisa (SANTOS; MENDES; MARTINS, 2021).

A Segurança do Paciente (SP) é definida como a redução de risco de dano desnecessário na assistência à saúde ao mínimo aceitável. No Brasil, as políticas focadas na promoção da segurança na assistência nos estabelecimentos de saúde enfatizaram-se com a criação do Programa Nacional de Segurança do Paciente (PNSP), em 2013 (SIQUEIRA *et al.*, 2021).

O cuidado à saúde proporciona muitas vantagens ao paciente, mas por ser uma ação humana é atrelada ao risco de erros, sendo necessário priorizar estratégias que assegurem sua realização. Os incidentes na assistência à saúde que geram danos ao paciente são denominados Eventos Adversos, estes podem resultar em lesões ou incapacidades, permanentes ou temporárias, que prolongam o tempo de internação e podem evoluir ao óbito, não apresentando relação com a doença base (CARDOSO *et al.*, 2020; COSTA *et al.*, 2020; MAIA *et al.*, 2020).

A OMS enfatiza que políticas claras, capacitação em liderança organizacional, dados favorecendo a SP, qualificação dos profissionais e o envolvimento de pacientes e famílias no processo de tratamento colaboram na melhoria e fortalecimento da SP. Difundir a cultura de segurança é importante para que os profissionais se sintam envolvidos e corresponsáveis pelo cuidado seguro (XIE *et al.*, 2021; CARNEIRO *et al.*, 2021).

O erro pode ser compreendido como a incapacidade de concluir uma ação planejada e/ou o uso de um plano incorreto. E muitas vezes, não estão relacionados à negligência do indivíduo, mas à gestão de sistemas e processos deficientes e mal elaborados. O uso de medicamentos é um sistema complexo que envolve vários profissionais da saúde de diferentes áreas, logo, o erro de medicação pode ser relacionado com a prática profissional. Outros fatores incluem: sobrecarga de trabalho, ambiente inadequado, déficit de capacitação profissional, falhas de comunicação, não adesão a protocolos e manipulação incorreta de medicamentos (BASILE *et al.*, 2019; SIMAN *et al.*, 2021).

Na perspectiva dos serviços de saúde como ambiente seguro deve-se considerar a possibilidade da ocorrência de incidentes na prestação dos cuidados assistenciais, principalmente no preparo e administração de medicamentos. Esse processo abrange a equipe de enfermagem, ocupando parte significativa do seu tempo de trabalho, pois a mesma é uma das últimas barreiras na interrupção e prevenção de incidentes com medicações com ou sem danos (CUSTÓDIO *et al.*, 2021).

Esses incidentes que afetam o paciente são caracterizados como um problema de saúde com implicações internacionais. O Brasil possui um dos maiores índices de EA evitáveis do mundo. Em 2016 a maioria das notificações relacionadas à assistência à saúde, incluindo EA, foram classificadas como eventos que resultaram em

danos de grau leve, seguido de nenhum dano (COGO *et al.*, 2019; REIS *et al.*, 2020).

No ano de 2017, considerando o alto potencial de risco atrelado aos danos com medicamentos, foi lançada pela OMS o terceiro Desafio Global de Segurança do Paciente, visando a redução de até 50% dos danos graves com medicamentos nos próximos 5 anos com o desenvolvimento de sistemas de saúde mais efetivos e seguros em todas as etapas do processo de medicação, a saber: prescrição, distribuição, administração, monitoramento e utilização. (CAMARGO; RENOVATO; GANASSIN, 2021).

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2017), esses incidentes são previsíveis e evitáveis. Logo, a identificação dos fatores que colaboram para a sua ocorrência, é relevante para o fortalecimento da segurança. Para isso, deve-se conhecer as falhas fundamentais e os problemas de desenho do sistema de medicação, bem como eventos que ocorrem raramente, mas que trazem danos graves para o paciente ou até mesmo a morte.

Dentre as proibições estabelecidas no Código de Ética Profissional da Enfermagem (CEPE) consta a administração de medicamentos sem o conhecimento da ação da droga e sem a certificação da possibilidade dos seus riscos, bem como a realização de prescrições de qualquer natureza que comprometam a SP (COFEN, 2017). É um direito da equipe de enfermagem recusar-se a executar uma prescrição que não apresente a assinatura e o número

de registro do profissional, com exceção de situações de emergência. Além disso, o profissional de Enfermagem pode recusar-se a administrar medicamentos e terapias em caso de identificação de erro ou ilegibilidade (ROCHA *et al.*, 2018).

O conhecimento do que diz respeito às fragilidades dos serviços de saúde possibilita a percepção das suas causas e a reconstrução do processo com barreiras capazes de impedir e mitigar danos. Quanto maior for a compreensão de como e por que situações acontecem, maior a possibilidade de reduzir a sua recorrência. Na abordagem sistêmica a educação, diretrizes clínicas, protocolos, alterações nos sistemas são ferramentas usadas como barreiras ao erro. Esta abordagem tem como pressuposto que o erro do profissional faz parte do sistema, e que a gestão deve buscar extinguir os fatores contribuintes e criar barreiras para impossibilitá-los (ANVISA, 2017; AMARO; BOHOMOL, 2020).

Buscando reconhecer os fatores organizacionais que influenciam e levam a incidentes e EA no ambiente hospitalar, têm-se incentivado estratégias de análise desta cultura, permitindo que os resultados de estudos desse problema colaborem no avanço da qualidade dos processos para o alcance da SP. Pesquisas relacionadas a esse tema são relevantes na redução de lacunas do conhecimento e na sensibilização dos profissionais sobre a importância da SP na prevenção de danos (ROCHA *et al.*, 2021).

Considerando a relevância da busca de estratégias que visem a redução de EA relacionados à prescrição, preparo e administração de medicamentos, esse estudo objetivou investigar os incidentes relacionados a medicamentos e propor o gerenciamento de riscos. Sendo desenvolvido com o apoio do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA).

METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa-ação. Para Tripp (2005) a pesquisa-ação é uma das muitas formas de se fazer investigação-ação, que envolve a interação do pesquisador e da população inserida no contexto de um problema, possibilitando uma tentativa continuada, sistemática e empiricamente fundamentada de aprimorar a prática da realidade enfrentada.

A pesquisa-ação é um método de pesquisa qualitativo, adequando-se aos objetivos desta investigação. Este método permite aos participantes a problematização da realidade, a percepção das dificuldades, a busca de soluções aos problemas identificados e ainda produz conhecimentos. Essa abordagem de característica exploratória, apresenta como pressuposto a associação da ação com uma atividade de pesquisa na condução de sessões grupais (MORAIS *et al*, 2021).

Este estudo foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa através da Plataforma Brasil, para o cumprimento da Portaria nº 466/2012, do Conselho Nacional de Saúde, que normatiza as pesquisas com seres humanos, sendo aprovado sob o parecer no 4.246.237, de 30 de agosto de 2020. Todos os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido e tiveram o sigilo de identidade garantido. O estudo foi realizado em uma maternidade no município de Caxias, Maranhão, com 14 profissionais de enfermagem, no período de agosto de 2020 a junho de 2021.

Foram critérios de inclusão no estudo: pertencer à equipe de enfermagem (ser enfermeiro, técnico em enfermagem ou auxiliar de enfermagem); estar, pelo menos, há três meses trabalhando no setor; trabalhar, pelo menos, 20 horas semanais no setor; aceitar participar da qualificação em segurança do paciente. Foram critérios de exclusão: estar em férias e / ou licença no período de coleta de dados. Foi realizado o diagnóstico situacional por meio da investigação das fichas de notificação de eventos adversos do Núcleo de Segurança do Paciente, junto ao questionário semiestruturado do perfil sociodemográfico dos participantes.

A análise de causa raiz foi orientada pelos instrumentos de gestão integradora: Brainstorming, “5 Por Quês” e Diagrama de Ishikawa, adaptados para ambiente hospitalar. A análise dos dados seguiu a exploração do material produzido nos seminários temáticos. A metodologia da pesquisa-ação possui doze fases que se inter-

relacionam e que são flexíveis, e assim, não necessariamente precisam ser seguidas de forma rigorosa. No Quadro 1, apresenta-se a seqüência de cada fase esquematizada por etapas e a descrição das atividades realizadas.

Quadro 1 – Sequência da pesquisa-ação e descrição das respectivas atividades realizadas.

| Etapa | Fase | Descrição |
|--------------|---|--|
| Etapa 1 | 1. Fase exploratória | Realizado o diagnóstico situacional da instituição sobre os incidentes, eventos adversos, identificação das barreiras adotadas pela instituição e início da gestão dos riscos com a Análise de Causa Raiz. |
| | 2. Tema da pesquisa | |
| | 3. Colocação dos problemas | |
| Etapa 2 | 4. Lugar da teoria | Seleciona-se os temas preliminares a serem trabalhados nos seminários nos quais foram discutidos com os participantes os problemas identificados pela gestão de riscos; coletou-se dados que nortearam a construção das estratégias de investigação, pois a partir do conhecimento do cenário, pode-se descobrir os principais problemas e suas raízes, permitindo mudanças. |
| | 5. Hipóteses | |
| | 6. Seminário | |
| | 7. Campo de observação, amostragem e representatividade qualitativa | |
| | 8. Coleta de dados | |

| | | |
|------------|---------------------------------|---|
| Etapa 3 | 9. Aprendizagem | As estratégias de investigação foram idealizadas e escolhidas segundo a necessidade identificada no sistema pelos participantes. O plano de ação será fundamentado pela filosofia <i>Lean</i> durante seu planejamento, implementação, coordenação e avaliação. |
| | 10. Saber formal/saber informal | |
| | 11. Plano de ação | |
| Etapa 4 | 12. Divulgação externa | Os resultados serão divulgados na instituição. |

Fonte: SILVA *et al.*, 2021.

RESULTADOS

Foram realizados convites aos profissionais da maternidade, e houve a adesão de 24 participantes à pesquisa com a assinatura do TCLE. Mas somente 14 participaram efetivamente, de todos os encontros, 05 possuíam a faixa etária entre 20 e 29 anos, 07 entre 30 a 39 anos, e 02 entre 40 a 49 anos. No que diz respeito à categoria profissional dos participantes, 11 eram enfermeiros e 03 eram técnicos de enfermagem. Quanto ao período de atuação na área da enfermagem, 04 tinham menos de um ano, 05 tinham entre um a cinco anos, 02 entre seis a dez anos, e 03 tinham mais de dez anos.

Os principais eventos adversos relacionados à medicação notificados foram: falta de medicação/equipamento médico hospitalar (n=12; 4,4%), flebite (n=11; 4,0%) e reação adversa à medicação (n=10; 3,6%).

Tabela 1: Perfil dos eventos adversos relacionados à medicamentos notificados pelo Núcleo de Segurança do paciente entre 2017 a 2020, Caxias, Maranhão, Brasil.

| Incidente/ Evento Adverso | n=274 | % |
|---|-------|------|
| Flebite | 11 | 4,0 |
| Reação adversa à medicação administrada | 10 | 3,6 |
| Falta de medicação/material médico hospitalar | 12 | 4,4 |
| Medicação com desvio de qualidade | 1 | 0,4 |
| Erros de prescrição | 3 | 1,1 |
| Farmacovigilância | 1 | 0,4 |
| Outros* | 219 | 79,9 |
| Ignorados | 17 | 6,2 |

*Incidentes não alinhados aos eventos de notificação do NOTIVISA.

Fonte: Fichas de notificação de eventos adversos do Hospital.

As primeiras técnicas empregadas foram Brainstorming em associação aos “5 Por Quês”, com as quais buscou-se identificar a principal causa raiz para a ocorrência do evento adverso. As causas raízes apontadas foram o “Excesso de trabalho” e “Falhas no processo”, no Quadro 02 é possível observar as causas atribuídas aos incidentes na administração de medicamentos apontadas pelos participantes.

**Quadro 02: Situações relacionadas aos eventos adversos na
medicação com o uso da técnica *Brainstorming* associados aos
5 Por Quês, segundo relato dos participantes, Caxias,
Maranhão, Brasil, 2021.**

| Evento Adverso | Por que 1 (Sintoma) | Por que 2 (Desculpa) | Por que 3 (Culpado) | Por que 4 (Causa) | Por que 5 (Causa Raiz) |
|-----------------------|--------------------------------------|--|--|---|---|
| Medicação * | Profissionais com baixa habilitação. | A alta demanda compromete a atuação do profissional. | A falta de tempo faz os profissionais adotarem comportamentos repetitivos. | Número reduzido de profissionais e com pouca habilitação no processo. | Excesso de trabalho e falhas no processo. |

Fonte: SILVA *et al.*, 2021.

Com o diagrama de Ishikawa foram discutidas as seis dimensões (Material, Organizacional, Ambiente, Processos, Pacientes, Pessoas/profissionais) para identificar as causas raízes do EA, relacionando uma causa ao problema na perspectiva de cada dimensão. Os relatos similares foram agrupados no Quadro 03.

Quadro 03 – Identificação pelos participantes das causas raízes do evento adverso com o uso da técnica Diagrama de Ishikawa, Caxias, MA. 2021.

| | Materiais | Organizacio nal | Ambiente | Processos | Pacientes | Pessoas |
|--|---|---|--|---|--|---|
| M E D I C A Ç Ã O * | Escassez de insumos e materiais. Materiais de baixa qualidade. | Falta de treinament os sobre medicamen tos. Dimensiona mento inadequado. | Ambiente mal adaptado para preparar e administrar medicamen tos. | Processo de prescrição, uso e administraç ão de medicamen tos com falhas. | Pacientes não inseridos como colaboradores no protocolo de <u>prescrição,</u> uso e administraçã o de medicamento s. | Profissionais com baixa habilitação no protocolo de prescrição, uso e administraçã o de medicamentos. Excesso de trabalho dos profissionais. |

*Prescrição, uso e administração de medicamentos.

Fonte: SILVA *et al.*, 2021.

DISCUSSÃO

Com o objetivo de investigar as circunstâncias que envolvem os eventos adversos em uma maternidade através da gestão de riscos desenvolveu-se esta pesquisa-ação. Os riscos e incidentes relacionados com a terapia medicamentosa são atribuíveis às falhas individuais e aos processos organizacionais têm como principais fatores condicionantes o número elevado de atendimentos e de procedimentos que sobrecarregam a equipe e aumentavam a suscetibilidade ao erro, resultado também observado no estudo de Santos, Rocha e Sampaio (2019) sobre este tema em unidades de pronto atendimento. Também aponta a realização da prescrição

médica de forma manual como fator contribuinte devido à ilegitimidade e falta de informações.

Em um estudo realizado em um hospital geral do interior de Minas Gerais foi evidenciado que 69,9% das distrações no processo de medicação ocorreram durante o preparo e 31,1% durante a administração. As principais causas apontadas foram a conversa paralela originada por terceiros e os ruídos no ambiente (FREITAS *et al.*, 2019).

No que diz respeito à escassez e baixa qualidade de materiais e insumos, aponta-se que estes instrumentos necessários no cuidado em saúde não devem comprometer a segurança do paciente e dos profissionais. Logo, eles devem apresentar padrões de qualidade e segurança, conforme determinado pelas normas e legislações em vigor. A identificação dos riscos à segurança com relação aos equipamentos e materiais pelos profissionais e a notificação de eventos adversos e queixas técnicas, é uma ferramenta importante na prevenção de erros (TOMAZONI *et al.*, 2017).

O dimensionamento adequado dos profissionais de enfermagem é uma prioridade que possui grande impacto na assistência. Os erros de medicação podem ocorrer pela falta de preparo dos profissionais e falhas na comunicação da equipe multidisciplinar. Neste sentido, a educação permanente é uma estratégia para a atualização de conhecimentos adquiridos na formação básica curricular, relevante para a otimização do processo

de trabalho, construção da autonomia e do processo de ensino-aprendizagem. Não devendo ser realizada somente pela equipe de enfermagem, mas por todos os profissionais envolvidos no processo (SIMAN *et al.*, 2021).

O quantitativo adequado de profissionais apresenta efeito significativo em indicadores relacionados à gestão da assistência e colabora na qualificação e melhoria do cuidado. O dimensionamento representa as condições de trabalho da equipe de enfermagem, portanto possui alta relevância para a qualidade e segurança assistencial (MENDONÇA, 2020).

Em uma investigação sobre os erros na administração de medicamentos conduzida por Alves e colaboradores (2019), realizada em um hospital geral, foi constatado que 79,3% dos profissionais de enfermagem já cometeram algum erro no processo e 97,3% identificaram falhas nas etapas do processo de medicação, relacionados principalmente com doses erradas (43,5%) e administração de medicamento errado ao paciente (26,1%).

A percepção dos gestores que os erros têm causas multifatoriais e que os profissionais podem cometê-los quando os processos técnicos e organizacionais são complexos e mal elaborados tem sido o desafio dos especialistas em segurança do paciente na tentativa de reduzir os eventos adversos. A percepção de que esses sistemas falham e que as falhas dos profissionais de saúde afetam os pacientes gera na gestão a oportunidade de rever os seus processos,

estudar e otimizar as barreiras que previnem esses eventos. Quando o erro é compreendido mais amplamente, pode se tornar um potencial para a revisão e melhora das práticas de cuidado, fazendo o profissional refletir e aprimorar constantemente a sua assistência (MORRUDO *et al.*, 2019).

Um estudo sobre a percepção da segurança por pacientes cirúrgicos e seu envolvimento no cuidado à saúde evidenciou que os participantes reconheceram na administração de medicamentos uma das atividades com maior potencial para a ocorrência de erros. Apontaram apreensão com medicamentos desconhecidos, administração da medicação de outro paciente, possíveis reações adversas e efeitos adversos (SOUZA *et al.*, 2020). É ressaltado que a forma com que as informações do diagnóstico e tratamento são repassadas pode motivar o interesse e propiciar um melhor entendimento do seu papel dentro da segurança no cuidado.

Dentre as ações de segurança que podem colaborar na diminuição desses incidentes inclui-se: a identificação de medicações de alto risco, ou de alerta, a utilização de soluções tecnológicas, como bombas inteligentes, e outros dispositivos de assistência e organização no armazenamento, atentando-se para os fármacos com nomes semelhantes. Além disso, antes de administrar o medicamento, realizar o método de checar os itens corretos por dois profissionais, a dupla checagem (SIMAN; BRITO, 2016).

Além da correta indicação clínica pelo médico e o manuseio durante o preparo e administração pela enfermagem, também é primordial a oferta de condições ambientais que preservem o princípio ativo (iluminação, luminosidade, temperatura e umidade) e que permitam maior concentração e funcionalidade (nível de ruídos, limpeza e dimensionamento do espaço físico). A estrutura física dos diversos ambientes hospitalares deve apresentar pré-requisitos funcionais, técnicos e psicossociais. Um ambiente organizado é um fator que contribui para a funcionalidade, facilita os processos de trabalho, otimiza a realização de tarefas e contribui com a prestação de cuidados mais seguros (PEREIRA *et al.*, 2018).

CONCLUSÃO

Este estudo foi relevante na obtenção de conhecimentos necessários para a identificação de fatores colaboradores para a ocorrência de EA relacionados à prescrição, uso e administração de medicamentos, e formação de estratégias de prevenção. Os fatores colaboradores apontados, com o uso dos instrumentos da análise de causa raiz incluíram: excesso de trabalho; falhas no processo; escassez e falta de qualidade de insumos e materiais; falta de treinamentos; dimensionamento inadequado; ambiente mal adaptado; processo de prescrição, uso e administração de medicamentos com falhas; e pacientes não inseridos como

colaboradores no protocolo de prescrição, uso e administração de medicamentos.

Foi observável que esses incidentes são previsíveis e evitáveis, logo, a implementação de ações elaboradas a partir da análise dos fatores que beneficiaram as falhas no sistema de medicação permitem o fortalecimento de barreiras de prevenção e da segurança do paciente. Aponta-se o uso do prontuário eletrônico como estratégia para a diminuição de incidentes devido à ilegibilidade ou falta de informações na prescrição médica. Também se destaca a influência do ambiente (quente, escuro, barulhento e pequeno) e a falta de atenção, devido às distrações individuais e do ambiente, na ocorrência de EA.

A implementação de ações elaboradas a partir da análise dos fatores condicionantes desses incidentes podem ser efetivas no fortalecimento da segurança do paciente e redução da ocorrência de eventos adversos, mas requer investimentos consistentes na qualificação dos colaboradores e manutenção do gerenciamento de riscos.

Os fatores limitantes dessa pesquisa incluem o contexto da pandemia e a resistência dos profissionais, considerando que alguns não reconheciam a existência de falhas em seus processos de trabalho. Por fim, enfatiza-se a necessidade da construção de estudos voltados para a segurança do paciente visando a melhoria da qualidade assistencial e a redução de danos.

REFERÊNCIAS

ALVES, K.C.; et al. Eventos adversos relacionados à administração de medicamentos em um hospital do Vale do Taquari. **Rev. Epidemiol. Controle Infecç.**, Santa Cruz do Sul, v. 9, n. 4, p. 270-275, 2019.

AMARO, M.A.; BOHOMOL, E. Notificação de eventos near miss na atenção primária à saúde. **Enferm. foco**, Brasília, v. 11, n. 5, p. 172-178, 2020.

BASILE, L.C.; et al. Análise das ocorrências de incidentes relacionados aos medicamentos potencialmente perigosos dispensados em hospital de ensino. **Rev. Gaúcha Enferm.**, Porto Alegre, v. 40, p. 1-9, 2019.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Gestão de riscos e eventos adversos relacionados à assistência à saúde**. Brasília: Anvisa, 2017.

CAMARGO, P.T.; RENOVATO, R.D.; GANASSIN, F.M. Percepções da equipe de enfermagem sobre preparo e administração de medicamentos em pediatria. **Cienc. Cuid. Saude**, Maringá, v. 20, e54294, 2021.

CARDOSO, S.R.; et al. Erros na administração de medicamentos via parenteral: perspectiva dos técnicos de enfermagem. **Acta Paul. Enferm.**, São Paulo, v. 33, eAPE20190276, 2020.

CARNEIRO, A.S.; et al. Cultura de segurança do paciente em áreas críticas e não críticas: estudo comparativo. **Rev Esc Enferm USP**, São Paulo, v. 55, e20210141, 2021.

COGO, A.L.; et al. Construção e desenvolvimento de cenários de simulação realística sobre a administração segura de medicamentos. **Rev. Gaúcha Enferm.**, Porto Alegre, v. 40, e20180175, 2019.

COSTA, C.O.; et al. Segurança do Paciente pediátrico no processo de administração de medicamento endovenoso. **Enferm. foco**, Brasília, v. 11, n. 4, p. 194-201, 2020.

CONSELHO FEDERAL DE ENFERMAGEM. Resolução COFEN nº 564, de 06 de novembro de 2017. Aprova o novo Código de Ética dos Profissionais de Enfermagem. Brasília, 2017.

CUSTÓDIO, I.L.; et al. Treinamento sobre administração de medicamentos endovenosos na enfermagem pediátrica: estudo antes e depois. **Rev Esc Enferm USP**, São Paulo, v. 55, e20210195, 2021.

FREITAS, W. C.; et al. Distrações e interrupções no preparo e na administração de medicamentos em unidades de internação hospitalar. **Rev. Eletr. Enferm.**, Goiânia, v. 21, p. 1-8, 2019.

MAIA, J.L.; et al. Identificação de riscos e práticas na utilização de medicamentos potencialmente perigosos em hospital universitário. **REME**, Belo Horizonte, v. 24, e1311, 2020.

MENDONÇA, T.R. **Atuação de Enfermeiros no gerenciamento de riscos assistenciais em unidades de terapia intensiva em hospital público**. Dissertação (mestrado em enfermagem) - Programa de Pós-Graduação em Enfermagem, Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2020.

MORAIS, J.M.; et al. Pesquisa-ação enquanto estratégia para implantar grupo de gestantes: uma análise sobre a percepção das participantes. **R. pesq. cuid. fundam. online**, Rio de Janeiro, v. 13, p. 784-789, 2021.

MORRUDO, E.Q.; et al. Erros na terapia medicamentosa e as consequências para a enfermagem. **R. pesq. cuid. fundam. online**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, p. 88-96, 2019.

PEREIRA, F.G.; et al. Variáveis ambientais e erros no preparo e administração de medicamentos. **Rev Bras Enferm.**, Brasília, v. 71, n.3, p. 1046-1054, 2018.

PINHEIRO, T.S.; et al. Administração de Medicamentos em um Serviço de Emergência: ações realizadas e desafios para práticas seguras. **Enferm. foco**, Brasília, v. 11, n. 4, p. 174-180, 2020.

REIS, U.O.; et al. Erros no preparo e na administração de medicamentos intravenosos. **Rev. baiana Enferm.**, Salvador, v. 34, e36450, 2020.

ROCHA, C.M.; et al. Administração segura de medicamentos em neonatologia e pediatria: cuidados de enfermagem. **Rev. enferm. UFPE on-line**, Recife, v. 12, n. 12, p. 3239-3246, 2018.

ROCHA, D.M.; et al. Administração de Medicamento Endovenoso em pacientes de hospital de doenças infectocontagiosas: atuação da enfermagem. **Enferm. foco**, Brasília, v. 11, n. 2, p. 96-102, 2020.

SANTOS, R.A.; MENDES, W.V.; MARTINS M. Qualidade do cuidado em saúde e segurança do paciente: avaliação dos resultados de um programa de formação à distância. **Ciênc. saúde coletiva**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 10, p. 4553-4568, 2021.

SANTOS, P.R.; ROCHA, F.L.; SAMPAIO, C.S. Ações para segurança na prescrição, uso e administração de medicamentos em unidades de pronto atendimento. **Rev. Gaúcha Enferm.**, Porto Alegre, v. 40, n. spe, e20180347, 2019.

SIQUEIRA, C.P.; et al. Segurança do paciente em uma unidade de pronto atendimento: planejamento de ações estratégicas. **Rev. enferm. UERJ**, Rio de Janeiro, v. 29, e55404, 2021.

SIMAN, A.G.; BRITO, M.J. Mudanças na prática de enfermagem para melhorar a segurança do paciente. **Rev. Gaúcha Enferm.**, Porto Alegre, v.37, e68271, abr., 2016.

SIMAN, A.G.; et al. Erro de Medicação: concepções e conduta da equipe de enfermagem. **R. pesq. cuid. fundam. online**, Rio de Janeiro,, v. 13, p. 109-116, 2021.

SOUZA, H. X.; et al. Percepção de pacientes cirúrgicos sobre segurança e seu envolvimento no cuidado à saúde. **Rev. enferm. UERJ**, Rio de Janeiro, v. 28, e51948, 2020.

TOMAZONI, A.; et al. Segurança do paciente na percepção da enfermagem e medicina em unidades de terapia intensiva neonatal. **Rev. Gaúcha Enferm.**, Porto Alegre, v. 38, n.1, e64996, 2017.

TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Educação e Pesquisa**, v. 31, n. 3, p. 443-466, 2005.

XIE, J.; et al. Impact of a patient safety leadership program on head nurses and clinical nurses: a quasi-experimental study. **Rev. Latino-Am. Enfermagem**, São Paulo, v. 29, e3478, 2021.

**FATORES DE RISCO CARDIOVASCULARES: A Prevalência
em Estudantes Universitários do Centro de Estudos
Superiores de Balsas – CESBA**

Dimily Kaelem Carvalho do Nascimento¹

Rodson Glauber Ribeiro Chaves²

INTRODUÇÃO

As Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT) são patologias multifatoriais que se iniciam em qualquer ciclo de vida e se prolongam de forma persistente, na maioria das vezes, associadas a fatores de risco para doenças cardiovasculares. Esses desfechos são considerados um problema de saúde pública por apresentarem elevada prevalência e tendência de crescimento, bem como impactar a qualidade de vida da população (SANTOS et al., 2018).

Segundo a Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) estima-se que 17,7 milhões de pessoas morreram por doenças cardiovasculares em 2015, representando 31% de todas as mortes em nível global. Desses óbitos, estima-se que 7,4 milhões ocorrem devido às doenças cardiovasculares e 6,7 milhões devido a Acidentes Vasculares Cerebrais (AVC). Geralmente, as doenças cardiovasculares podem ser prevenidas por meio da abordagem de fatores comportamentais de risco como, dietas inadequadas, sedentarismo, tabagismo e etilismo.

¹ Graduando do curso de Enfermagem da Universidade Estadual do Maranhão; Bolsista PIBIC/UEMA.

² Docente do curso de Enfermagem da Universidade Estadual do Maranhão; Orientador PIBIC/UEMA.

As Doenças Cardiovasculares (DCV) constituem uma das principais causas de mortes no Brasil, bem como elevados índices de morbimortalidade em todo o mundo. São responsáveis por aproximadamente 15 milhões de óbitos a cada ano e representam os mais altos custos em assistência médica de acordo com Organização Mundial de Saúde (OMS) (CORREIA; CAVALCANTE; SANTOS, 2010; RODRIGUES; MACHADO, 2016).

As DCV têm origem multifatorial em que os chamados fatores de risco participam de sua gênese. Fatores de risco são variáveis que predis põem ao aparecimento e ao desenvolvimento das cardiopatias; logo, sua monitoração auxilia na identificação de sinais precursores que, ao serem modificados, podem diminuir ou até mesmo reverter o processo evolutivo das disfunções. Estando os principais fatores de riscos dessas complicações divididos em dois tipos: os fatores imutáveis, tais como: o sexo, a idade, a hereditariedade; e os fatores mutáveis, como: o sedentarismo, a obesidade, a hipertensão arterial sistêmica, o diabetes mellitus, as dislipidemias, o tabagismo, a dieta inadequada e a ingestão de álcool. Tais condições podem ocorrer concomitantemente, o que caracteriza maior risco se comparado ao efeito de cada um eventualmente (CANOVAS; GUEDES, 2012; NASCIMENTO; GOMES; SARDINHA, 2012).

A educação em saúde é um importante instrumento para controle de fatores de risco modificáveis, ao ponto que qualifica o indivíduo na resolução de seus problemas e o torna agente

multiplicador de informação na comunidade (ANDRADE et al., 2014). Tais práticas devem ser consideradas em diversos contextos, objetivando realizar construções compartilhadas de saberes (NUNES et al., 2013). Também pode ser considerada como forte ferramenta que valoriza os contextos sociais, econômicos e culturais da comunidade, aliados ao processo de promoção da saúde (CERVERA et al., 2011), provocando o interesse por mudanças de comportamentos prejudiciais (RODRIGUES et al., 2012).

Dados recentes demonstram que as populações das grandes capitais brasileiras apresentam comportamentos alimentares com alto consumo de alimentos industrializados, além de obesidade e sedentarismo. Esses padrões comportamentais explicam parcialmente o aumento da mortalidade decorrente de causas cardiovasculares e neoplasias malignas (SILVA et al., 2018).

Conforme a Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS) a previsão é de que cerca de 80% das mortes por DCV ocorram nos países com renda per-capita baixa e média e sem meios de comunicação, sendo 6,2 milhões desses óbitos por acidente vascular cerebral e 7,3 milhões por doença cardíaca coronariana (PINHEIRO et al., 2012). Estima-se também, que em 2015 tivemos 20 milhões de mortes e em 2030 aproximadamente 23,6 milhões de indivíduos morrerão por DCV (MEDEIROS et al., 2018).

Essa alta prevalência de mortalidade por DCV são proporcionalmente decorrentes de alguns fatores de risco adquiridos

já na infância e pelo entrelaçamento de outros no decorrer da vida (FERREIRA; AYDOS, 2010). Sendo assim, não há dúvidas de que, quanto mais rápido o indivíduo adotar um estilo de vida mais saudável, [...] e quanto mais atento estiverem os serviços de saúde pública para minimizar esses fatores de risco cardiovasculares, maior será a probabilidade de um indivíduo envelhecer com mais saúde (PANNI, 2013).

O período de inserção à vida universitária pode ser caracterizado por fatores sociais, instabilidade psicossocial, mudanças na dieta (aumentando o consumo de gorduras e diminuição do de frutas e hortaliças), consumo de álcool e cigarros, e por restrição a prática de exercício. É sabido que os fatores de risco adquiridos nessa fase podem perdurar por toda a vida, e que, se alterados estes hábitos, ocorrerá uma diminuição da morbimortalidade vascular (MOURA et al., 2017).

Neste âmbito, estudos constataram que adultos jovens universitários apresentam diversos fatores de risco para as DCV (SHAWAR et al., 2012). Enfatiza-se também que nessa fase da vida pertinente a busca de estabilidade no campo profissional, nas relações pessoais, dentre outros tornam-se os adultos jovens vulneráveis ao consumismo contemporâneo, que com sua influência, interfere nos comportamentos de saúde (BARRETO; PASSOS; GIATTI, 2009).

No entanto, apesar da elevada prevalência desses fatores de risco e dos sinais precoces de aterosclerose, o risco ainda é subestimado nesse grupo. Portanto, torna-se imprescindível a investigação da prevalência de riscos cardiovasculares nos estudantes universitários (MAURICIO et al., 2018). Gomes (2012) salientou que através da quantificação dos Fatores de Risco Cardiovasculares (FRCs) em adultos jovens permite-se identificar o nível de suscetibilidade dos mesmos a desenvolver DCV, assim como contribuir para estratégias focadas na promoção e prevenção da saúde cardiovascular.

Este trabalho teve por objetivo verificar a prevalência dos fatores de risco modificáveis e não modificáveis para Doenças Cardiovasculares em Estudantes Universitários, identificando os fatores de risco, determinando o risco para entre estudantes universitários de uma Universidade Estadual do Maranhão, correlacionando com o perfil sociodemográfico e hábitos dos indivíduos, analisando a prevalência dos fatores de risco para Doenças Cardiovasculares na amostra estudada e aferindo dados antropométricos e fisiológicos.

METODOLOGIA

Utilizou-se uma abordagem quantitativa em um estudo transversal, descritivo e correlacional para o alcance dos objetivos propostos na investigação. Como não houve intervenção, o estudo foi

classificado como observacional. A questão metodológica na pesquisa tem passado por distintas etapas nas diversas áreas do conhecimento, entretanto, seja qual for o tipo de abordagem o pesquisador deve deixar transparecer as suas intenções.

O referente cenário deste estudo foi o Centro de Estudos Superiores de Balsas (CESBA), Centro vinculado a Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). Atualmente, o CESBA abrange áreas do conhecimento representadas em seu Campus com cinco cursos presenciais (Enfermagem, Engenharia Agrônômica, Letras, Matemática e Pedagogia). Sediada em Balsas - MA, interior, é um braço do sistema do Ensino Superior do Maranhão, de forma a atender às diferentes escalas de exigências da sociedade (IBGE, 2018).

A população envolvida foi estudantes de ambos os sexos, devidamente matriculados nos cursos de graduação presencial do CESBA. No primeiro semestre de 2019, o total de estudantes em todo o centro foi estimado em 574. Para se determinar a quantidade de usuários que participaram da pesquisa, foi feito cálculo de amostragem, que facilitou a operacionalização do estudo, uma vez que, de acordo com Torres (2006), raramente é possível examinar todos os elementos da população de interesse, devido às limitações de recursos materiais e humanos ou ao fato de a amostra responder ao objeto de pesquisa. O tamanho da amostra resultou em 180 sujeitos. Considerando uma taxa de 10% de perdas de informações

em questionários por meio de respostas erradas e/ou incompletas, o tamanho definitivo totalizou 200.

A coleta de dados iniciou no mês de outubro de 2020 e finalizou no mês de fevereiro de 2021. Foi aplicado um questionário (Apêndice 1), que coletou informações referentes à identificação do estudante, dados sociodemográficos, hábitos alimentares, prática de atividade física, tabagismo, etilismo, doenças crônicas, uso de medicações, foi informado, ainda, uma estimativa do peso (Kg), altura (m), medida da circunferência abdominal (cm) e da pressão arterial (P.A).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A identificação dos fatores de risco cardiovasculares permite o desenvolvimento de um planejamento preventivo contra as doenças cardiovasculares, além de subsidiar programas de saúde pública contra seus agravos. Em relação aos resultados deste estudo, as informações relativas aos questionamentos fechados, oriundos dos formulários, foram apresentados em forma de Tabelas, conforme se observa a seguir:

A Tabela 1 mostra informações sociodemográficas dos participantes do estudo, como se verifica:

Tabela 1 - Caracterização dos estudantes do Centro de Estudos Superiores de Balsas segundo as variáveis sociodemográficas. Balsas - MA, 2020.

| Variável | Frequência | % |
|----------------------------------|------------|------|
| Sexo | | |
| Feminino | 106 | 53,0 |
| Masculino | 94 | 47,0 |
| Faixa Etária | | |
| 18 a 22 anos | 86 | 43,0 |
| 23 a 27 anos | 61 | 30,5 |
| 28 a 32 anos | 33 | 16,0 |
| 33 anos ou mais | 21 | 10,5 |
| Cor (autoreferida) | | |
| Amarela | 10 | 5,0 |
| Branca | 52 | 26,0 |
| Negra | 62 | 31,0 |
| Parda | 76 | 38,0 |
| Estado Civil | | |
| Casado/União Consensual | 68 | 34,0 |
| Separado/Divorciado | 11 | 5,5 |
| Solteiro | 121 | 60,5 |
| Pessoa(s) com quem reside | | |
| Amigos | 38 | 19,0 |
| Companheiro (a) e filho (s) | 30 | 15,0 |
| Familiares | 55 | 27,5 |
| Pais | 47 | 23,5 |
| Sozinho | 30 | 15,0 |

| | | |
|--------------|-----|-------|
| Total | 200 | 100,0 |
|--------------|-----|-------|

Fonte: pesquisa direta

A primeira variável refere-se ao sexo dos participantes observou-se que 106 (53,0%) são mulheres, deixando clara que a predominância feminina nos níveis de ensino no Brasil está crescendo, inclusive no ensino superior. De acordo com os dados do Plano Nacional de Qualificação, do Ministério do Trabalho e Previdência Social – MTPS, as mulheres lideram a presença em escolas, universidades e cursos de qualificação (BRASIL, 2016). E, de acordo com outros estudos, a maioria das pesquisas realizadas com universitários tem predominância do sexo feminino (LIRA et al., 2012; SOUSA et al., 2015), principalmente nos cursos da área da saúde (PETRIBÚ et al., 2009).

Quanto à faixa etária, 86 (43,0%) dos entrevistados apresentam entre 18 e 22 anos, demonstrando que a maioria da população universitária tende a ser jovem. E, nessa fase têm-se uma ideia errônea de que os fatores de risco para doenças cardiovasculares estejam presentes apenas em etapas mais avançadas da vida. No que se refere ao adulto jovem, há de se considerar o seu perfil psicossocial, que, de alguma forma o suscetibiliza, pois, apesar do conhecimento acumulado e difundido, compreende-se a dificuldade em desenvolver um estilo de vida saudável, visto que vários fatores de risco estão relacionados e influenciados pela cultura do prazer

instantâneo, fácil e comprável, disseminada na mídia e reforçada pelo consumismo da sociedade atual (BARRETO; PASSOS; GIATTI, 2009).

Dados semelhantes foram encontrados em um estudo de Vale et al. (2018) que identificaram maior índice de participantes do sexo feminino e que 60% dos participantes possuíam idade entre 18 e 29 anos. Faria, Gandolfi e Moura (2014) alertam para a possibilidade de os jovens ingressantes na universidade adotarem comportamentos de risco à saúde em detrimento a dinâmica da vida acadêmica e alterações no estilo de vida. De acordo com esses autores, a entrada na universidade coincide com períodos de questionamentos acerca de valores, crenças, autonomia e estabelecimento de limites na influência parental.

Em relação à cor (autoreferida), 76 (38,0%) dos entrevistados são pardos, 62 (31,0%) negros, 52 (26,0%) brancos e 10 (5,0%) amarelos, um estudo da American Heart Association analisou alterações nos riscos atribuíveis à população relativamente aos cinco principais fatores de risco cardiovascular que podem ser alterados: colesterol elevado, hipertensão arterial, tabagismo, obesidade e diabetes. E, indicou que os principais fatores de risco cardiovascular combinados afetam majoritariamente as mulheres e pessoas de cor negra.

Quanto ao estado civil, pôde ser observado que 121 (60,5%) dos estudantes são solteiros, e no que se concerne à pessoa(s) com quem

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE, ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA reside, 38 (19,0%) moram com amigos e 30 (15,0%) sozinhos, muitos universitários são de outras cidades e normalmente, os/as jovens moram com outros universitários, às vezes do mesmo curso ou não, constituindo-se como uma estratégia muito utilizada para dividir as despesas com aluguel e alimentação.

Como se pode verificar a Tabela 2 refere-se aos dados acadêmicos dos participantes do estudo:

Tabela 2- Dados dos estudantes do Centro de Estudos Superiores de Balsas segundo as variáveis acadêmicas. Balsas - MA, 2020.

| Variável | Frequência | % |
|-------------------------------|------------|------|
| Curso | | |
| Enfermagem | 32 | 16,0 |
| Engenharia Agrônômica | 51 | 25,5 |
| Letras | 62 | 31,0 |
| Matemática | 25 | 12,5 |
| Pedagogia | 30 | 15,0 |
| Semestre | | |
| Segundo | 38 | 19,0 |
| Quarto | 42 | 21,0 |
| Sexto | 52 | 26,0 |
| Oitavo | 38 | 19,0 |
| Décimo | 30 | 15,0 |
| Situação laboral | | |
| Apenas estuda | 91 | 45,5 |
| Estuda e trabalha formalmente | 59 | 29,5 |

| | | |
|---------------------------------|------------|--------------|
| Estuda e trabalha informalmente | 50 | 25,0 |
| Total | 200 | 100,0 |

Fonte: pesquisa direta

No que concerne à situação laboral dos estudantes, 91 (45,5%) apenas estuda, porém 109 (54,5%) estuda e trabalha, 59 (29,5%) trabalha formalmente e 50 (25,0%) trabalha informalmente. Observa-se na prática acadêmica que na visão dos discentes, a universidade é a porta de entrada para a vida profissional, ou a prerrogativa para manter o seu emprego. Muitos deles, com a finalidade de obter promoção, seguem dupla jornada: a de trabalho e a acadêmica. Essa jornada, como consequência, limita o tempo livre para a vida pessoal e para o lazer, diminuindo assim a possibilidade de aumento do nível de atividade física destes e comprometendo assim a sua qualidade de vida (FREITAS, 2018).

A Tabela 3 versa sobre os fatores de risco para doenças cardiovasculares, como se verifica a seguir:

Tabela 3 – Distribuição dos estudantes do Centro de Estudos Superiores de Balsas conforme os fatores de risco para as doenças cardiovasculares. Balsas - MA, 2020.

| Variável | Frequência | % |
|---------------------------------------|------------|--------------|
| Diabetes Mellitus | | |
| Sim | 14 | 7,0 |
| Não | 186 | 93,0 |
| Hipertensão Arterial Sistêmica | | |
| Sim | 33 | 16,5 |
| Não | 167 | 83,5 |
| Outras doenças | | |
| Sim | 30 | 15,0 |
| Não | 170 | 85,0 |
| Tabagismo | | |
| Sim | 10 | 5,0 |
| Não | 190 | 95,0 |
| Consumo de Bebidas Alcoólicas | | |
| Sim | 111 | 55,5 |
| Não | 89 | 44,5 |
| Total | 200 | 100,0 |

Fonte: pesquisa direta

A identificação dos fatores de risco para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares é considerada essencial para se propor medidas de prevenção e promoção da saúde. A análise dos dados mostra que 14 (7,0%) dos entrevistados apresentam Diabetes

Mellitus (DM), que é um fator de alto risco para Doenças Cardiovasculares, a pesquisa revelou um alto grau de desconhecimento sobre a doença entre os participantes, sendo isso um caso preocupante, pois os usuários não procuram Unidade Básica de Saúde (UBS), e ao procurar, muitas vezes já apresentam sinais de estágio avançado da doença, o que demonstra, entre outros fatores, as dificuldades de diagnóstico precoce e ações de prevenção primária e secundária.

Hábitos de vida saudáveis são a base do tratamento do diabetes, sobre a qual pode ser acrescido – ou não – o tratamento farmacológico. Seus elementos fundamentais são manter uma alimentação adequada e atividade física regular, evitar o fumo e o excesso de álcool e estabelecer metas de controle de peso (GUSSO; LOPES, 2012).

Pessoas com DM precisam ser apoiadas para realizar mudanças em seu estilo de vida e instruídas sobre como fazê-lo. Estratégias cognitivo-comportamentais que promovam mudança de comportamento e aderência às recomendações, bem como programas de educação em saúde que visam à promoção e ao apoio ao autocuidado fazem parte do tratamento do DM e, como tal, a equipe precisa ser instrumentalizada para aplicá-los no seu dia a dia (BRASIL, 2013).

A respeito da variável de Hipertensão Arterial Sistêmica (HAS), constatou-se que 33 (16,5%) universitários têm diagnóstico de

hipertensão e realizam o tratamento para a doença. Todavia, a HAS é um grave problema de saúde pública no Brasil e no mundo, tem alta prevalência e baixas taxas de controle, sendo frequentemente associada às alterações funcionais e/ou estruturais dos órgãos-alvo (coração, encéfalo, rins e vasos sanguíneos) e às alterações metabólicas, com aumento do risco de eventos cardiovasculares fatais e não fatais (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA, 2010).

No Brasil, a prevalência média de HAS autorreferida na população acima de 18 anos, segundo a Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico, é de 22,7%, sendo maior em mulheres (25,4%) do que em homens (19,5%) (BRASIL, 2013).

Os desafios do controle e prevenção da HAS e suas complicações são, sobretudo, das equipes de Atenção Básica (AB). Nesse contexto, o Ministério da Saúde preconiza que sejam trabalhadas as modificações de estilo de vida, fundamentais no processo terapêutico e na prevenção da hipertensão. A alimentação adequada, sobretudo quanto ao consumo de sal e ao controle do peso, a prática de atividade física, o abandono do tabagismo e a redução do uso excessivo de álcool são fatores que precisam ser adequadamente abordados e controlados, sem os quais os níveis desejados da pressão arterial poderão não ser atingidos, mesmo com

doses progressivas de medicamentos (GRUPO HOSPITALAR CONCEIÇÃO, 2009).

Diante disso, vale ressaltar que a Hipertensão Arterial Sistêmica é fator de risco para doenças decorrentes de aterosclerose e trombose, que se manifestam, predominantemente, por doença isquêmica cardíaca, cerebrovascular, vascular periférica e renal, cuja diminuição de mortalidade vem sendo parcialmente atribuída ao controle adequado da pressão arterial. O tratamento medicamentoso, quando adequadamente conduzido, possibilita o controle das doenças, a redução da morbimortalidade e a melhoria da qualidade de vida dos usuários portadores de diversas condições de saúde (BRASIL, 2013).

No que tange a outros tipos de doenças, 30 (15,0%) dos acadêmicos afirmaram apresentar outras enfermidades, como: Amebíase, Anemias, Dermatite Atópica, Gastrite, Hiperplasia Benigna Prostática, Síndrome do Ovário Policístico, Hipotensão, Estresse, Depressão e Transtorno de Ansiedade. Segundo NASSER et al (2016) os transtornos psiquiátricos são frequentemente ignorados e, tanto os sintomas depressivos como a ansiedade são atualmente reconhecidos como fatores de risco para Doença Arterial Coronariana (DAC) e Doenças Cardiovasculares (DCV), além de apresentarem processos fisiopatológicos complexos que influenciam negativamente no prognóstico dos pacientes com essas comorbidades.

Quanto ao tabagismo, este foi considerado baixo visto que apenas 10 (5,0%) dos estudantes relataram ser fumantes, portanto, é um achado positivo que também foi encontrado em outras pesquisas com este público. O tabagismo é considerado um dos maiores fatores de risco para as doenças cardiovasculares (DCV) e a maior causa de doença coronariana, tanto em homens quanto em mulheres, assim como já está bem estabelecida a sua correlação com a doença cerebrovascular. Aqueles que fumam mais de 20 cigarros por semana aumentam em cinco vezes o risco de morte súbita (FERREIRA et al., 2009). Além disso, o tabagismo é o mais importante fator de risco para a doença arterial periférica, e até o fumo passivo já foi identificado como fator notável para a doença coronariana (LION, 2009).

Já a variável consumo de bebidas alcoólicas esteve presente em 111 estudantes universitários, constituindo um percentual significativo (55,5%). Resultados esses que corroboram com o estudo de epidemiologia realizado na cidade de Pelotas-RS, no qual houve uma alta frequência do etilismo em universitários (77%) (RODRIGUES; MACHADO, 2016). Em relação a essa problemática, pesquisa realizada no Brasil em 2016, revelou a prevalência de 16,4% de consumo abusivo de álcool na população com 18 anos ou mais de idade (DÁZIO; ZAGO; FAVA, 2016).

Segundo o Ministério da Saúde (2014) o abuso de álcool pode trazer prejuízos aos tratamentos das doenças crônicas. Em pessoas

que já apresentam HAS, o consumo excessivo de álcool pode dificultar o controle da doença. Além dos efeitos da bebida em si, usuários que abusam de álcool costumam ter dificuldade para uso regular das medicações, fato estimulado pela crença de que após o consumo de álcool não se deve fazer uso delas. Na elaboração de planos de cuidados desses usuários, o uso adequado das medicações deve ser enfatizado, esclarecendo as dúvidas e os reais riscos à saúde do uso e do não uso das medicações.

Percebe-se que, atualmente, o uso e o abuso de álcool e/ou outras drogas lícitas e ilícitas têm aumentado progressivamente em todo o mundo, sobretudo entre os jovens. Portanto, consiste em um problema de saúde pública que tem necessitado de maior vigilância devido aos seus determinantes e condicionantes políticos, econômicos, culturais, ético-legais e tecnológicos, os quais se refletem no indivíduo, na família e na sociedade (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2014).

Ressalta-se, ainda, que o uso de bebidas alcoólicas em estudantes universitários constitui uma problemática enfrentada pelos educadores e profissionais da saúde frente aos agravos de saúde e sociais que esse comportamento ocasiona. Portanto, tal problema deverá ser abordado com maior ênfase na universidade, com ações de promoção de saúde (oficinas, cine debates) e utilização de outras estratégias capazes de reduzir esse hábito prejudicial à saúde (PIRES et al., 2014).

A Tabela 4 expõe sobre as estatísticas quanto a Pressão Arterial Sistólica e Pressão Arterial Diastólica dos acadêmicos participantes do estudo:

Tabela 4–Estatística das variáveis: Pressão Arterial Sistólica (PAS) e Pressão arterial diastólica (PAD). Balsas - MA, 2020.

| Variável | Frequência | Mínima | Máxima | Média |
|------------|------------|--------|--------|-------|
| PAS (mmHg) | 200 | 97 | 148 | 129 |
| PAD (mmHg) | 200 | 58 | 100 | 82 |

Fonte: pesquisa direta

Em 33 (16,5%) alunos, foi encontrado nível de hipertensão arterial, tendo como média os valores de PAS 129 mmHg e PAD 82 mmHg (Tabela 4). A Diretriz Americana para a detecção, avaliação e manejo da Hipertensão Arterial Sistêmica (HAS) em jovens adultos sobre diagnóstico e tratamento da HAS sugere uma nova definição de PAS ≥ 130 mmHg e/ou PAD ≥ 80 mmHg (WHELTON et al., 2017). No Brasil, a recomendação para o diagnóstico da HAS é pela 7ª Diretriz Brasileira de Hipertensão Arterial, que preconiza a PA $\geq 140/90$ mmHg (MALACHIAS et al., 2016).

Já a Tabela 5 apresenta dados referente ao Índice de Massa Corporal (IMC) com alguns fatores de risco cardiovasculares:

Tabela 5 - Associação do Índice de Massa Corporal com os fatores de risco cardiovascular dos estudantes do CESBA. Balsas - MA, 2020.

| Variável | Frequência | % |
|---------------------------------------|------------|--------------|
| Índice de Massa Corporal (IMC) | | |
| < 18,5 (baixo peso) | 22 | 11,0 |
| ≥ 18,5 e < 25 (peso adequado) | 109 | 54,5 |
| ≥ 25 e < 30 (sobrepeso) | 44 | 22,0 |
| ≥ 30 (obesidade) | 25 | 12,5 |
| Circunferência Abdominal | | |
| 60 - 79 | 94 | 47,0 |
| 80 - 99 | 48 | 24,0 |
| 100 - 119 | 27 | 13,5 |
| 120 - 139 | 12 | 6,0 |
| 140 - 159 | 19 | 9,5 |
| Prática de Atividade Física | | |
| Sim | 108 | 54,0 |
| Não | 92 | 46,0 |
| Total | 200 | 100,0 |

Fonte: pesquisa direta

De acordo com o IMC, 22 (11,0%) dos estudantes apresentaram baixo peso, 109 (54,5%) peso adequado, 44 (22,0%) apresentaram IMC acima do peso e, 25 (12,5%) obesidade. Foi observado resultados diferentes em um estudo com estudantes universitários da cidade de Patos-PB, no qual 43% dos estudantes eram eutróficos e 57% foram

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE,
ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
categorizados com sobrepeso ou obesidade (RODRIGUES;
MACHADO, 2016).

A obesidade é considerada atualmente uma epidemia global, um importante problema de saúde pública, principalmente em países ocidentais. Atualmente, mesmo com o controle das patologias associadas as DCV, os riscos de eventos cardiovasculares permanecem elevados, fazendo com que a obesidade seja considerada um fato de risco independente (SILVA et al., 2018).

A presença de sobrepeso ou obesidade na população estudada foi associada a fatores de risco cardiovascular como consumo de álcool, sedentarismo e história familiar de DCV. Dentre as variáveis associadas, observou-se uma relação positiva entre o IMC e a história familiar de DCV. Apesar da significância estatística da associação está no limite, a literatura científica aponta a forte relação entre esses dois fatores, firmando assim a hipótese de que o IMC pode ser considerado como um forte fator de risco cardiovascular (SANTOS et al., 2018).

Quando correlacionado a hipertensão arterial com o IMC, 69 (34,5%) estudantes com sobrepeso ou obesidade apresentaram valores pressóricos compatíveis com HAS, dentre esses verificou-se 33 (16,5%) alunos com diagnóstico e realizando tratamento para HAS. Esses pequenos números de achados se dão devido ao caráter silencioso que a hipertensão apresenta, com sintomas iniciados somente em altos níveis pressóricos, fazendo com que hipertensão

não seja levada a sério, porém sendo a principal causa de Acidente Vascular Encefálico (AVE) (CORREIA; CAVALCANTE; SANTOS, 2010). Um estudo realizado com uma população brasileira de faixa etária semelhante objetivou determinar a associação entre o IMC e a prevalência de HAS. Os resultados apontaram uma prevalência de HAS de 5,6% e com obesidade ou sobrepeso de 64,6% conforme o IMC (OLIVEIRA et al., 2012).

Outro achado relevante foi o não sedentarismo por grande parte dos estudantes, onde 108 (54,0%) afirmam realizar atividades físicas semanalmente e 92 (46,0%) não praticam atividades. Esse resultado pode ser comparado com o de outra pesquisa realizada com estudantes, a qual sugeriu que a maior utilização do computador e a elevada ocupação do tempo, voltada para as atividades acadêmicas, interferem negativamente na prática de atividade física (CARVALHO et al., 2015). Os universitários relatam possuir empecilhos para a prática de atividade física. Entre estes podemos destacar a falta de tempo, o estresse e o cansaço pela sobrecarga de trabalho ou estudo e a ausência de instalações adequadas nas proximidades para a prática de atividades físicas. É importante salientar que os universitários dedicam mais horas ao estudo e, geralmente, os acadêmicos de cursos diurnos realizam suas atividades de tempos livres à noite.

Sabe-se que o sedentarismo é um dos principais fatores para o desenvolvimento de problemas cardiovasculares, bem como, para o

surgimento de diversas outras patologias como as doenças crônicas. Portanto, a prática regular de atividade física é indispensável na prevenção dessas doenças, para o bom funcionamento do corpo humano e para uma boa qualidade de vida, em geral (SANTOS et al., 2018).

No Brasil, alguns estudos destacam a elevada prevalência dos fatores de risco na população universitária. Um estudo demonstrou 38,1% de excesso de peso, 34,8% de sedentarismo, 27,5% de hipercolesterolemia, 14,6% de tabagismo e 8,4% de hipertensos entre universitários (MOREIRA et al., 2010; CARVALHO et al., 2015). Portanto, estudantes universitários representam uma parcela da sociedade com estilo de vida próprio, com a omissão de refeições e elevado consumo de lanches nutricionalmente inadequados. Tais fatos associados ao sedentarismo, excesso de peso e risco cardiovascular deixa esta população vulnerável (PETRIBÚ et al., 2009).

Deste modo, observa-se que é de suma relevância o incentivo à prática de atividades físicas no ambiente da universidade uma vez que os estudantes passam bastante tempo neste local. Segundo Mauricio et al. (2018), os profissionais de saúde poderão buscar parceria com outros órgãos/associações, bem como desenvolver ações com foco nas atividades desportivas e de lazer que estimulem a participação dos estudantes.

Apesar do relevante problema de saúde pública que são as DCV, encontraram-se poucos estudos envolvendo populações específicas, principalmente jovens. Deste modo, são necessárias ações voltadas para a promoção da saúde no meio acadêmico, de modo a sensibilizar este público para a importância da mudança do estilo de vida, com foco no incentivo às atividades desportivas como política de redução de danos, a qual visa controlar possíveis consequências negativas associadas ao consumo de substâncias psicoativas lícitas e ilícitas.

CONCLUSÃO

As doenças cardiovasculares são as principais causas de mortalidade no Brasil e no mundo, e os seus fatores de risco, por muitas vezes, são considerados pouco importantes pela população e pelos sistemas de saúde, que investem pouco em medidas preventivas para sua detecção e tratamento precoces.

Durante muito tempo, persistiu a ideia de que as doenças cardiovasculares seriam determinadas geneticamente, e que pouco poderia ser feito para sua prevenção, porém, o reconhecimento dos fatores de risco modificou essa visão. A identificação dos fatores de risco permite o desenvolvimento de um planejamento preventivo contra as doenças cardiovasculares, além de subsidiar programas de saúde pública contra os seus agravos. Considerando que o aparecimento das doenças cardiovasculares tem se manifestado cada

vez mais precocemente, este estudo foi de suma importância, pois estuda como se dá a correlação entre estas doenças e os indicadores antropométricos em indivíduos jovens.

Através da análise dos questionários e dos dados antropométricos, este estudo evidenciou que muitos fatores de risco cardiovasculares estão presentes na amostra de estudantes universitários do CESBA, alguns com maior prevalência e outros com menor. A identificação da prevalência desses fatores é fundamental, pois vem contribuir com para a comunidade acadêmica e para que estratégias de prevenção sejam traçadas pelos profissionais de saúde pois foi identificado alguns hábitos de vida que são prejudiciais à saúde cardiovascular levando em consideração as características da população.

Assim, diante do diagnóstico situacional evidenciado nesta pesquisa, poderão ser desenvolvidas ações com foco na promoção da saúde, enfatizando a importância da atividade física e os prejuízos causados pelo uso do álcool, considerando também os hábitos diários dos universitários.

Diante dessa realidade, é conveniente a maior produção de estudos e conteúdos sobre a prevalência de fatores de riscos cardiovasculares podem ser o início de um processo de transformação que começa na academia e estende seus reflexos para a realidade social. Um dos pontos fortes do presente estudo é o fato de trabalhar com uma amostra de base populacional, formada por

jovens adultos. Acredita-se que o resultado desse projeto venha servir para identificar os riscos de DCV e orientar a comunidade acadêmica esperando que ocorram mudanças no estilo de vida da mesma.

REFERÊNCIAS

ARAGÃO, J. Introdução aos estudos quantitativos utilizados em pesquisas científicas. **Revista Práxis**, ano III. nº 6 - agosto 2011.

ARAÚJO, M.F.M de; LIMA, A.C.S; ALENCAR, A.M.P.G; ARAÚJO, T.M de; FRAGOSO, L.V.C; DAMASCENO, M.M.C. Avaliação da qualidade do sono de estudantes universitários de Fortaleza-CE. **Texto e Context Enferm.** 2013; 22(2):352-60.

ARRUDA, G.O de; SANTOS, A de L; TESTON, E.F; CECILIO, H.P.M; RADOVANOVIC, C.A.T; MARCON, S.S. Associação entre autopercepção de saúde e características sociodemográficas com doenças cardiovasculares em indivíduos adultos. **Rev da Esc Enferm.** 2015; 49(1):60-7.

BARRETO S.M., PASSOS, V.M.A; GIATTI, L. Comportamento saudável entre adultos jovens no Brasil. **Revista Saúde Pública**, 2009. p. 9-17.

BRASIL. Ministério da Economia. Secretaria de Previdência. **TRABALHO: Mais qualificada e escolarizada, mulher trabalhadora ainda recebe menos que homem.** Brasília: Ministério da Economia, 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Estratégias para o cuidado da pessoa com doença crônica.** Brasília/DF, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Estratégias para o cuidado da pessoa com doença crônica: diabetes mellitus**. Brasília/DF, 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Estratégias para o cuidado da pessoa com doença crônica: hipertensão arterial sistêmica**. Brasília/DF, 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Secretaria de Gestão Estratégica e Participativa. **Vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico**. Brasília: Ministério da Saúde, 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Secretaria de Gestão Estratégica e Participativa. **Vigitel Brasil 2011: vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico**. Brasília: Ministério da Saúde, 2011. Disponível em: http://apsredes.org/site2012/wp-content/uploads/2012/09/VIGITEL-SAUDESUPLEMEN TAR_2011.pdf. Acesso em: 30 de março de 2020.

CANOVAS, C.D; GUEDES, D.P. Impacto de diferentes intensidades de caminhada em fatores de risco cardiovasculares em mulheres sedentárias. **Saud Pesq.** 2012; 5(1): 217-24.

CARVALHO, Carolina Abreu de et al. Associação entre fatores de risco cardiovascular e indicadores antropométricos de obesidade em universitários de São Luís, Maranhão, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 20, p. 479-490, 2015.

CORREIA, B.R; CAVALCANTE, E; SANTOS, E dos. A prevalência de fatores de risco para doenças cardiovasculares em estudantes universitários. **Soc Bras Clínica Médica.** 2010; 8(13):25-9.

CRUZ-SÁNCHEZ, E; OROSIO-MÉNDEZ, M; CRUZ-RAMÍREZ, T;
BERNARDINO-GARCÍA, A; VÁSQUEZ-DOMÍNGUEZ, L;
GALINDO-PALMA, N. **Factores de riesgo cardiovascular en
estudiantes de enfermería de una universidad pública.**
Enfermería Univ [Internet]. Universidad Nacional Autónoma de
México, Escuela Nacional de Enfermería y Obstetricia; 2016;
13(4):226-32. Disponível em:
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1665706316300458>.

DÁZIO, E. M. R; ZAGO, M. M. F; FAVA, S. M. C. L. **Uso de álcool e
outras drogas entre universitários do sexo masculino e seus
significados.** 50(5):786-92; 2016.

FARIA, Yone de Oliveira; GANDOLFI, Lenora; MOURA, Leides
Barroso Azevedo. Prevalência de comportamentos de risco em adulto
jovem e universitário. **Acta Paulista de Enfermagem**, v. 27, n. 6, p.
591-595, 2014.

FERREIRA, J. S; AYDOS, R. D. Prevalência de hipertensão arterial em
crianças e adolescentes obesos. **Cien Saude Colet** [Internet]. 2010;
15(1): 97-104. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413812320100001000015&lng=pt&tlng=pt

FERREIRA, S. R. S. et al. **Protocolo de hipertensão arterial
sistêmica para a atenção primária em saúde.** Porto Alegre:
Gerência de Saúde Comunitária. Grupo Hospitalar Conceição, 2009.

FREITAS, Ana Carolina Macedo de et al. Fatores intervenientes na
qualidade de vida do estudante de enfermagem. **Rev. enferm. UFPE**,
p. 2376-2385, 2018.

GERHARDT, T. E; SILVEIRA D.T. **Métodos de pesquisa.** Porto
Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GOMES, Emiliana Bezerra et al. Fatores de risco cardiovascular em adultos jovens de um município do Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 65, n. 4, p. 594-600, 2012.

GRUPO HOSPITALAR CONCEIÇÃO. Serviço de Saúde Comunitária. Apoio Técnico em Monitoramento e Avaliação em Ações de Saúde. Doenças e agravos não transmissíveis. **Ação programática para reorganização da atenção a pessoas com hipertensão, diabetes mellitus e outros fatores de risco para doenças cardiovasculares no SSC-GHC**. Porto Alegre: [s.n.], 2009. Disponível em: <<http://www.ghc.com.br/unidades/saudecomunitaria>>. Acesso em: 10 de abril de 2020. Versão 2.

GUSSO, G.; LOPES, J. M. C. **Tratado de Medicina de Família e Comunidade**. v. 2. São Paulo: Artmed, 2012.

LION, E. A. V. **Tabagismo e saúde feminina: aliança de controle do tabagismo - ACTbr**. 2009. Disponível em: <http://actbr.org.br/uploads/conteudo/213_TABAGISMO_ESAUDE_FEMININA_FINAL.pdf>. Acesso em: 29 de ago. de 2020.

LIRA NETO, J. C. G. et al. Análise do sobrepeso e da obesidade em estudantes universitários. **Rev. Enferm., UFPE**. v. 6, n. 11, p. 2770-6, 2012.

MALACHIAS, M. V. B. et al. **7ª Diretriz Brasileira de Hipertensão Arterial: Capítulo 2-Diagnóstico e Classificação**. Arquivos Brasileiros de Cardiologia, v. 107, n. 3, p. 7-13, 2016.

MARCONI, M de A; LAKATOS, E.M. **Metodologia do trabalho científico**. 6ª ed. São Paulo, SP: Atlas, 2001.

MAURICIO, T.F; MOREIRA, R.P; COSTA, E.C; MARDONES, F; BERNARDO, S; LIMA, P.A de et al. Avaliação da presença dos fatores

de risco cardiovascular em estudantes universitários de países lusófonos. **Cogitare Enferm.** 2018; 23(3):5216.

MEDEIROS FILHO, R.D.A; MACIEL, A.P.F; PIMENTA, H.B; CALDEIRA, A.P. Prevalência de comportamentos e fatores de risco para doenças cardiovasculares em população de hipertensos no norte de Minas Gerais. Brasil. **Rev Pesqui Cuid é Fundam Online** [Internet]. 2018; 10(1):90. Disponível em: <http://seer.unirio.br/index.php/cuidadofundamental/article/view/5985>

MOREIRA, T.M.M; GOMES, E.B; SANTOS, J.C. Fatores de risco cardiovasculares em adultos jovens com hipertensão arterial e/ou diabetes mellitus. **Rev Gaúcha Enferm** 31(4):662-669, 2010.

MOURA, J.R.A; GUIMARÃES, M.R; MOREIRA, S.E.X; TEIXEIRA, CARVALHO E.L de, MACHADO, A.L.G. Perfil lipídico de universitários e associação com risco cardiovascular. **Rev Enferm da UFPI.** 2017; 6(1):40-6.

NASCIMENTO, J.S do; GOMES, B; SARDINHA, A.H de L. Fatores de risco modificáveis para as doenças cardiovasculares em mulheres com hipertensão arterial. **Rev da Rede Enferm do Nord.** 2012; 12(4):709-15.

NASSER, Fernando José et al. Doenças Psiquiátricas e o Sistema Cardiovascular: Interação Cérebro e Coração. **International Journal of Cardiovascular Sciences**, v. 29, n. 1, p. 65-75, 2016.

NETO, V.G.C; MONTEIRO, E.R; SILVA, A.L.S da; FARIA, F.O de; PALMA, A. Prevalência de Hipertensão Arterial Sistêmica em Estudantes de Educação Física de uma Universidade Pública no Rio de Janeiro. **J Heal Sci.** 2017; 19(4):241-4.

OLIVEIRA, M da C.O da; OSELAME, G.B; DUTRA, D de A; OSELAME, C; NEVES, E.B. Fatores de risco cardiovascular em

universitários. **Rev Bras Obesidade, Nutr e Emagrecimento**. 2012; 1(2):357-63.

PANNI, P.G. **Avaliação de hábitos alimentares e fatores de risco cardiovascular em indivíduos moradores de Cachoeirinha/RS**. 2013.

PETTRIBÚ, M. M. V.; CABRAL, P. C.; ARRUDA, I. K.G. Estado nutricional, consumo alimentar e risco cardiovascular: um estudo em universitários. **Rev. Nutr.**, v. 22, n. 6, p. 837-846, 2009.

PINHEIRO, F; CORRÊA, G.A; REICH, R.R; HALPERN, R. Fatores de risco para doenças cardiovasculares em escolares do 6º ano de escolas municipais de Caxias do Sul. **DO CORPO: Ciências e Artes**. 2012; 1(2):1-9.

PIRES, C. G. DA S; MUSSI, F. C; SOUZA, R. C. DE; SILVA, D. O. DA; SANTOS, C. A. DE S. T. **Consumo De Bebidas Alcoólicas Entre Estudantes De Enfermagem**. Aquichan; 13(2):226-33; 2014.

RODRIGUES, F. G; MACHADO, M. C. F. DE P. A prevalência de fatores de risco para doenças cardiovasculares em estudantes universitários da cidade de Patos- PB. **Temas em Saúde**; 16(2):156-72; 2016.

SANTOS, I.S; PINTO, D.S; SANTANA, J.M; BRITO, L.G.A; PITHON, K.R. Doenças crônicas não transmissíveis: fatores de risco cardiovascular em docentes universitários. **O Mundo da Saúde** [Internet]. 2018; 42(3):55168. Disponível em: <http://www.revistamundodasaude.com.br/uploads/2018001.PDF>

SIMOSONO, Maysa Lemos. **A prevenção de doenças cardiovasculares: projeto de intervenção na atenção primária**. 2015. Disponível em: <https://www.nescon.medicina.ufmg.br/biblioteca/imagem/6087.pdf> f. Acesso em 23 de março de 2019.

SILVA, O.L.P da; LIMA, D.G de; FREITAS, A.G; IMADA, K.S; PEREIRA, R dos S; SILVA, R.P.M. Fatores associados às doenças cardiovasculares em policiais militares de uma cidade na amazônia ocidental. **South American Journal of Basic Education, Technicaland Technological**, v. 5, n. 1, 2018.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. **VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão**. Arquivos Brasileiros de Cardiologia, São Paulo, v. 95, n. 1, p. 1-51, 2010.

SOUZA, H.P de; WERNECK, G.L; MEDEIROS, L.T de; SABROZA, P.C; SANTOS, J.P.C dos. Análise espacial de causas de morte por doenças cardiovasculares e fatores associados em uma área de implantação de um grande empreendimento. **Rev Bras Geogr Médica e da Saúde**. 2017; 13(24):199-214.

SOUZA, L.J; GIOVANE, N. C; CHALITA, F.E. **Prevalência de obesidade e fatores de risco cardiovasculares em Campos, Rio de Janeiro**. Arq Bras. Endocrinol. Metab, v.47, n.6, p.669-676, 2003.

STEIN, R; TRUJILLO, J.P; SILVEIRA, A.D da; LAMOUNIER JÚNIOR, A; IGLESIAS, L.M. **Avaliação Genética, Estudo Familiar e Exercício**. Arq Bras Cardiol [Internet]. 2017; Disponível em: <http://www.gnresearch.org/doi/10.5935/abc.20170015>

TORRES, T. Z. G. Amostragem. In: MEDRONHO, R. A. et al. **Epidemiologia**. São Paulo: Atheneu, 2006. p. 283-294.

VALE, Maria Enoi Gadelha et al. Fatores de risco cardiovasculares e qualidade de vida em universitários. **Rev. enferm. UFPE online**, p. 2743-2752, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.5205/1981-8963-12110a237491p2743-2752-2018>. Acesso em: 26/01/2020.

WHELTON, Paul K. et al. **Guideline for the prevention, detection, evaluation, and management of high blood pressure**

in adults: a report of the American College of Cardiology / American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. Journal of the American College of Cardiology, v. 71, n. 6, p. 1269-1324, 2017.

WORLD HEALTH ORGANIZATION- WHO. **Obesity, Preventing and Managing the Global Epidemic.** Technical Report Series n. 894, 2004.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global Status Report on Alcohol and Health 2014.** World Health Organization (WHO), 2014.

**TRANSMISSÃO E PREVENÇÃO DE DOENÇAS VIRAIS
(SARS-Cov-2): conhecimento dos discentes da área de saúde -
identificação do nível de conhecimento dos discentes da
área de saúde sobre biossegurança**

Christianne Silva Barreto¹

Irene Sousa da Silva²

Joseneide Teixeira Câmara³

Mateus Francisco de Sousa⁴

INTRODUÇÃO

As infecções preveníveis estão, em geral, relacionadas ao uso de equipamentos ou procedimentos específicos que poderiam ter sido diferentes ou alterados, evitando, assim, seu aparecimento. A segurança do paciente está relacionada às atitudes dos estudantes e profissionais de saúde durante a sua assistência, com o objetivo de prevenir eventuais falhas antes que elas causem danos (BRASIL, 2020). A área de conhecimento de biossegurança é relativamente nova, constituindo-se num desafio para os profissionais, especialmente da área da saúde, tendo em vista que as normas de biossegurança são aceitas teoricamente, mas há uma lacuna entre o campo teórico e a prática cotidiana (GUARANÁ et al., 2019).

Desde 2004, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) inseriu em seu escopo de atuação as ações previstas na Aliança Mundial para a Segurança do Paciente, da Organização

¹ Departamento de Ciências da Saúde (CESC/UEMA).

² Departamento de Ciências da Saúde (CESC/UEMA).

³ Departamento de Ciências da Saúde (CESC/UEMA).

⁴ Departamento de Ciências da Saúde (CESC/UEMA).

Mundial da Saúde (OMS), da qual o Brasil faz parte (CAVALCANTE et al. 2019).

Infecções relacionadas à assistência à saúde ocorrem em todas as instituições, em diversos países, tanto desenvolvidos quanto em desenvolvimento, e acometem 1,4 milhões de pacientes em todo o mundo. Resultam em altas taxas de morbidade e mortalidade, prolongamento do tempo de internação, incapacitações de longo prazo, maior resistência de micro-organismos a antimicrobianos, elevados custos para pacientes, famílias e sistema de saúde, e óbitos considerados preveníveis (BELELA-ANACLETO et al, 2013).

A preocupação com riscos biológicos surgiu a partir da constatação dos agravos à saúde dos profissionais que exerciam atividades em laboratórios nos quais ocorria a manipulação com microrganismos e material biológico desde o início da década de 40. Os profissionais atuantes na área clínica-hospitalar foram sensibilizados a partir do surgimento da AIDS (Síndrome da Imunodeficiência Adquirida), evidenciando a necessidade de normas mais rígidas para a segurança no ambiente de trabalho (SOUZA et al., 2012).

A segurança do paciente está relacionada às atitudes dos estudantes e profissionais de saúde durante a sua assistência com o objetivo de prevenir eventuais falhas antes que elas causem danos. Já em 1910, o médico-cirurgião Ernest Codman, criou padrões que visavam à melhoria dos serviços de saúde. Em 1999, o Instituto de

Medicina divulgou o relatório “Errar é Humano”, que, além de apontar as falhas dos serviços de saúde, colocou este tema na pauta da Organização Mundial da Saúde (OMS) e das políticas de saúde de diversos países (CARRARO et al., 2012).

Percebe-se que muitos discentes não recebem essas informações de forma suficiente para desenvolver as habilidades necessárias para cumprir suas responsabilidades com a segurança dos pacientes, sendo esses treinamentos oferecidos, geralmente, na pós-graduação (GUARANÁ et al., 2019).

Está bem estabelecida, portanto, a importância da biossegurança no cotidiano da vida comunitária, em especial no ambiente universitário, no qual os estudantes ainda não possuem conhecimentos consolidados sobre esse assunto. Logo, entender as deficiências dos estudantes acerca desse assunto faz-se importante no intuito de promover educação.

OBJETIVOS

Geral

Analisar o nível de conhecimento dos discentes de enfermagem e medicina (CESC/UEMA) no tocante à transmissão e prevenção de doenças virais pré-pandemia e durante o período pandêmico, com ênfase no SARS-CoV-2.

Específicos

Analisar os conhecimentos dos discentes da medicina e dos alunos de enfermagem a respeito de higiene das mãos e transmissão viral;

Identificar o nível de conhecimento pré-pandemia e durante o período pandêmico dos estudantes que utilizam as dependências da área de saúde e comparar com ao que ainda não fazem uso destas áreas;

Verificar a influência das informações e dos conhecimentos adquiridos pelos estudantes durante a pandemia causada pelo SARS-CoV-2, comparando com as referências que estes possuam antes do período pandêmico.

METODOLOGIA

Local do estudo

O projeto foi desenvolvido na cidade de Caxias, localizada na mesorregião leste do estado do Maranhão (MA). Segundo o IBGE (2019), a população caxiense total era de aproximadamente 164.880 habitantes, sendo a cidade um dos maiores centros econômicos do estado, e referência política, cultural e populacional.

No que tange a linha de trabalho, tratou-se de um estudo descritivo, transversal, de caráter quantitativo, que foi conduzido com os discentes da área de saúde do Centro de Estudos Superiores

de Caxias, campus local da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). Aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UEMA com CAAE n. 39866420.0.0000.5554.

Caxias conta com uma rede de serviços de saúde composta por Hospital Regional de Caxias, Maternidade Carmosina Coutinho, Hospital Geral Municipal Gentil Filho, Hospital Infantil Municipal Dr. João Viana; possui ainda uma UPA considerada a maior do estado. Dispõem ainda de um ambulatório anexo ao prédio de aulas onde são realizadas atividades teóricas e práticas.

População alvo e técnica de coleta de dados

A coleta de dados foi realizada através da aplicação de um questionário semiaberto com 118 discentes do curso de medicina e 83 do curso de enfermagem, após a leitura e assinatura do TCLE (termo de consentimento livre e esclarecido). O entrevistador (aluno bolsista) enviou um link para preenchimento do questionário, que foi desenvolvido de forma online, a partir do aplicativo Google Forms. Cabe ressaltar que os alunos em internato/estágio curricular que se formaram antes do período da pesquisa, não realizaram o questionário e, por isso, não foram incluídos no montante da pesquisa.

Para a execução do projeto foi elaborado um questionário como instrumento de coleta dos dados, fundamentado na literatura sobre higienização, segurança e prevenção de doenças, que teve

como intuito verificar a atualização dos conhecimentos teóricos e práticos dos alunos quanto à temática abordada (biossegurança).

As variáveis analisadas foram: medidas de prevenção, antissepsia, lavagem básica das mãos, medidas comportamentais no ambiente hospitalar e fora dele, e conhecimentos de infecções relacionadas à assistência à saúde. Os dados foram coletados junto aos voluntários de forma virtual, através de contato telefônico ou via e-mail, e foram inseridos no banco de dados Excel, onde foram analisados posteriormente.

Aspectos legais

Quanto aos aspectos éticos e legais, o projeto foi cadastrado na Plataforma Brasil, como previsto na resolução 466-2012 do Conselho Nacional de Saúde, por se tratar de pesquisa envolvendo seres humanos. Sendo então iniciado após a aprovação pelo referido Comitê de Ética em Pesquisa (CAAE n. 39866420.0.0000.5554).

Os critérios de inclusão para participar do estudo foram: discentes dos cursos de bacharelado em Medicina e Enfermagem regularmente matriculados e que aceitaram participar da pesquisa, seja por via telefônica, ou via e-mail, quando necessário; após a assinatura do TCLE.

Os critérios de exclusão propostos foram: discentes menores de 18 anos, discentes sob licença de acordo com a norma de graduação da UEMA, oriundos de outros cursos (transferidos), além

dos discentes que se formaram antes do período de busca ativa nas pesquisas.

Análise estatística

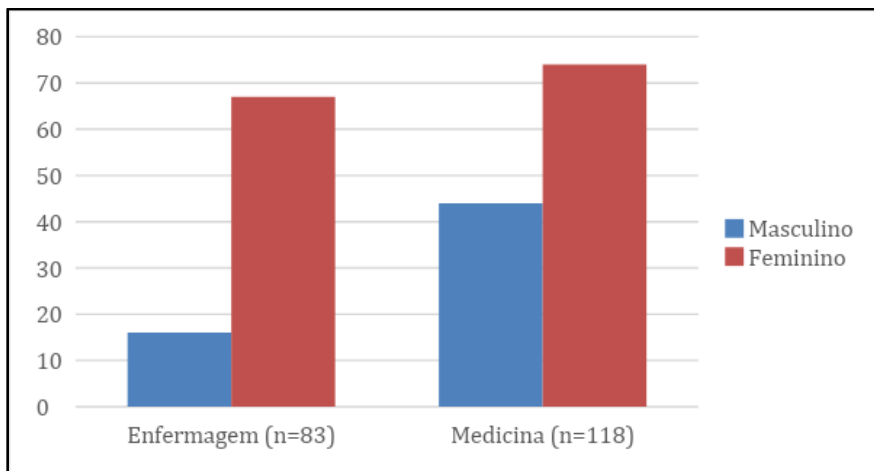
Os dados obtidos foram incluídos em tabelas no programa Excel 2020, sendo expressos em tabelas e gráficos simples.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa desenvolveu-se de forma virtual, a partir de formulário online, abrangendo os estudantes dos cursos da área da saúde, a saber Medicina e Enfermagem, do Centro de Estudos Superiores de Caxias, da Universidade Estadual do Maranhão, residentes na cidade de Caxias- MA.

De setembro de 2020 a maio de 2021, foram entrevistados 201 graduandos, sendo 41,3% (n=83) dos discentes da Enfermagem, e destes, 19,3% (n=16) eram do sexo masculino, e 80,7% (n=67) do sexo feminino. Os estudantes de Medicina correspondiam a 58,7% (n=118) do total, sendo 37,3% (n=44) do sexo masculino, e 62,7% (n=74) do sexo feminino. **(Gráfico 1)**.

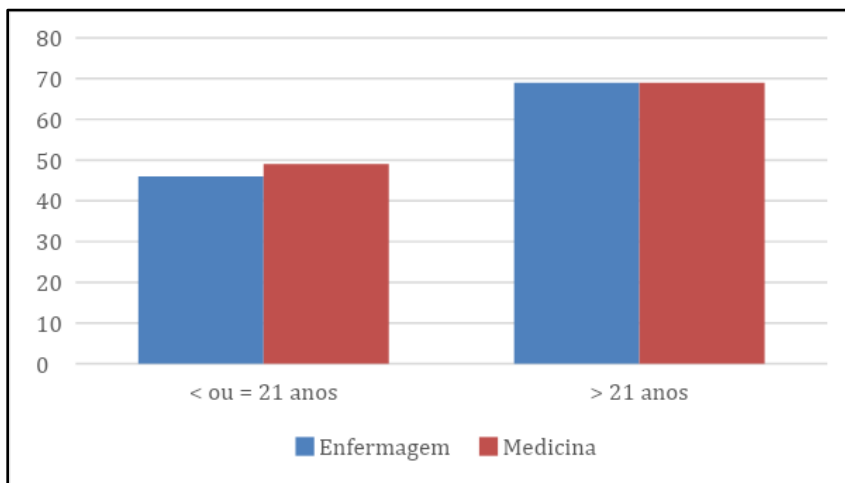
Gráfico I – Distribuição dos graduandos da área da saúde por curso e sexo, Caxias-MA.



Fonte: Barreto; Silva; Câmara; Sousa, 2021.

Constatou-se ainda, que do total de alunos da Enfermagem, 44,6% (n=37) eram maiores de 21 anos, enquanto 54,4% (n=46) tinham 21 anos ou menos. Na Medicina, 41,5% (n=49) eram maiores de 21 anos, e 58,5% (n=69) tinham idade igual ou inferior a 21 anos. Essa dinâmica foi expressa no Gráfico II.

Gráfico II – Descrição dos graduandos da saúde por curso e idade, Caxias-MA.



Fonte: Barreto; Silva; Câmara; Sousa, 2021.

Em relação ao período de graduação dos discentes da saúde, 43 estudantes se encontravam no 2º período, 59 no 4º período, 38 no 6º período e 61 no 8º período, totalizando 201 graduandos entrevistados. Os valores pares para os períodos foram justificados a partir do fato de que na Universidade Estadual do Maranhão, para os cursos da saúde, as chamadas para ingresso aconteciam apenas uma vez ao ano, no 1º semestre letivo.

No que diz respeito à capacitação técnica, apenas 17 entrevistados (8,5%) fizeram algum curso técnico antes de ingressarem na faculdade.

Em relação ao total, mais da metade dos alunos (64,2%) disseram que frequentavam regularmente hospitais, UBS ou Unidades de Pronto Atendimento, sendo que 51,2% frequentavam 1

vez por semana, 20,9% frequentavam 2 vezes por semana, 10% frequentavam 3 vezes por semana, e uma boa parcela, 17,9% frequentavam 4 vezes ou mais.

É importante ressaltar que, dentro dos aspectos higiênicos, 95,5% (n=192) afirmaram terem suas rotinas higiênicas sobretudo de mãos alteradas ou melhoradas durante o período pandêmico. Além disso, 54,7% dos estudantes responderam que possuíam o hábito de tocar partes do corpo como boca, nariz, olhos, orelhas e nuca quando estavam nos estágios em unidades hospitalares e de saúde.

Somado a isso, 37,4% dos graduandos não tinham o hábito de amarrar os cabelos ou usar touca durante a permanência no ambiente hospitalar, contra 62,6%, que ou são homens, ou são mulheres que tinham o costume de prender os cabelos durante as atividades de aprendizado.

Ainda assim, 21,4% (n=43) dos estudantes tinham o hábito de irem para ambientes hospitalares com os cabelos molhados, e 70,1% dos entrevistados afirmaram não ter o hábito de utilizar máscaras descartáveis nos hospitais antes do período pandêmico, contra 29,9% que afirmaram já possuírem esse hábito antes da pandemia.

A tabela I abaixo apresenta um compilado estatístico percentual dessas informações sobre aspectos higiênicos dos estudantes entrevistados.

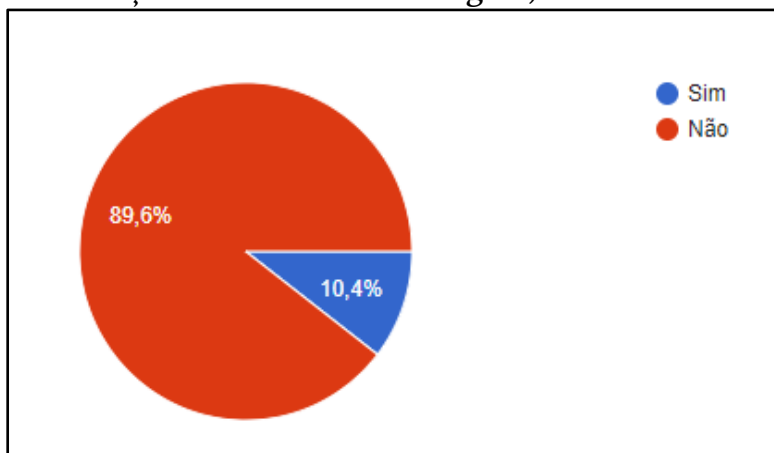
Tabela I – Estatística percentual de aspectos higiênicos dos graduandos da saúde, Caxias-MA.

| ASPECTO HIGIÊNICO | SIM | NÃO |
|---|-------|-------|
| Melhorar higiene de mãos durante o período pandêmico | 95,5% | 4,5% |
| Tocar partes do corpo suscetíveis a contaminação durante a permanência hospitalar | 54,7% | 45,3% |
| Amarrar cabelos ou usar touca durante estágios e práticas hospitalares | 62,6% | 37,4% |
| Ir ao hospital com cabelos molhados | 21,4% | 78,6% |
| Utilizar máscaras descartáveis nos hospitais | 29,9% | 70,1% |

Fonte: Barreto; Silva; Câmara; Sousa, 2021.

Embora alguns alunos ainda tenham o costume de utilizar calçados abertos em ambientes hospitalares, 89,6% dos entrevistados afirmaram não realizarem esse tipo de hábito, como mostra o gráfico III.

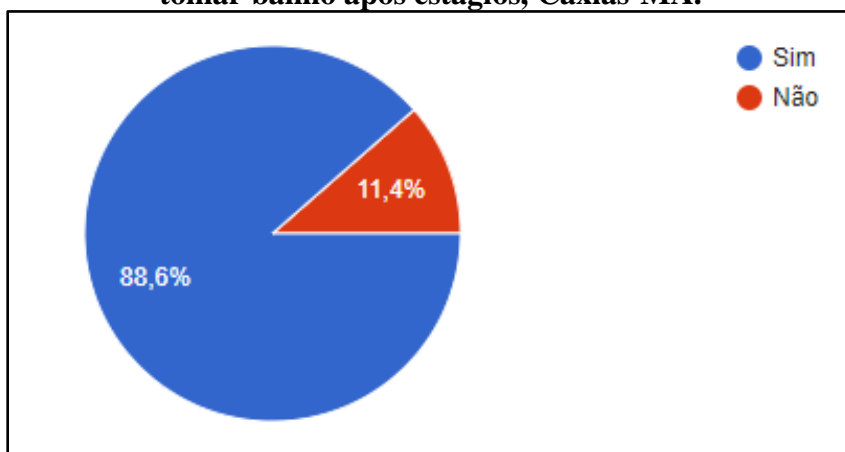
Gráfico III – Distribuição dos alunos quanto ao uso de calçados abertos nos estágios, Caxias-MA



Fonte: Barreto; Silva; Câmara; Sousa, 2021.

Em relação ao banho e trocas de roupa após aulas práticas e estágios, 88,6% (n=178) dos estudantes afirmaram realizar esse processo logo quando chegam em casa. Entretanto, 11,4% ainda não possuem esse hábito.

Gráfico IV – Distribuição dos alunos quanto ao hábito de tomar banho após estágios, Caxias-MA.



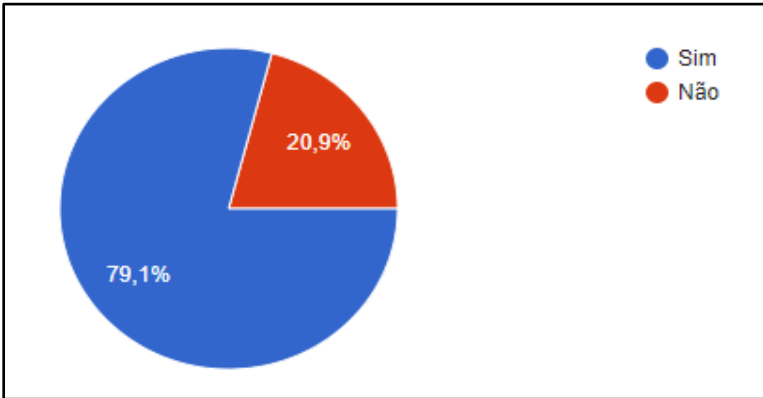
Fonte: Barreto; Silva; Câmara; Sousa, 2021.

Acerca da higienização de vestuário obrigatório nos estágios, 72 estudantes (35,8%) costumavam lavar seus jalecos e pijamas cirúrgicos com roupas e peças de uso diário. Já na esterilização de equipamentos profissionais, como estetoscópios, esfigmomanômetros, oxímetros e outros utensílios que entram em contato direto com o paciente, mais da metade (63,2%) dos alunos disseram não fazer a higienização correta destas ferramentas.

Além disso, 79,1% (n=159) dos estudantes afirmaram possuir as unhas sempre cortadas, e 95% (n=191) disseram fazer a

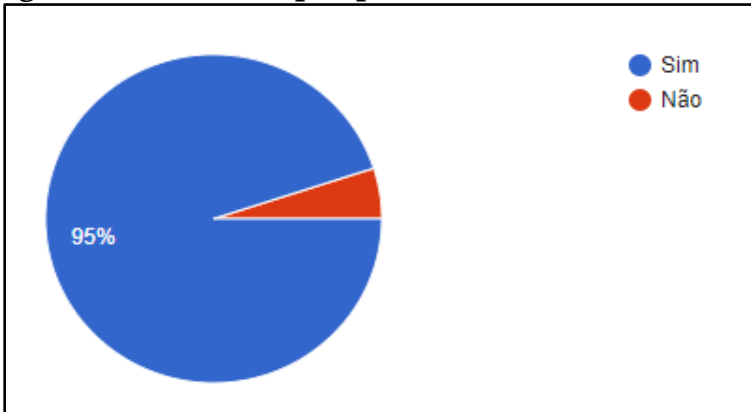
higienização das mãos após procedimentos hospitalares nos centros de saúde. Esses resultados são expressos nos gráficos V e VI.

Gráfico V – Distribuição dos estudantes quanto ao hábito de cortarem as unhas, Caxias-MA.



Fonte: Barreto; Silva; Câmara; Sousa, 2021.

Gráfico VI – Distribuição dos estudantes quanto ao hábito de higienizar as mãos após procedimentos, Caxias-MA.



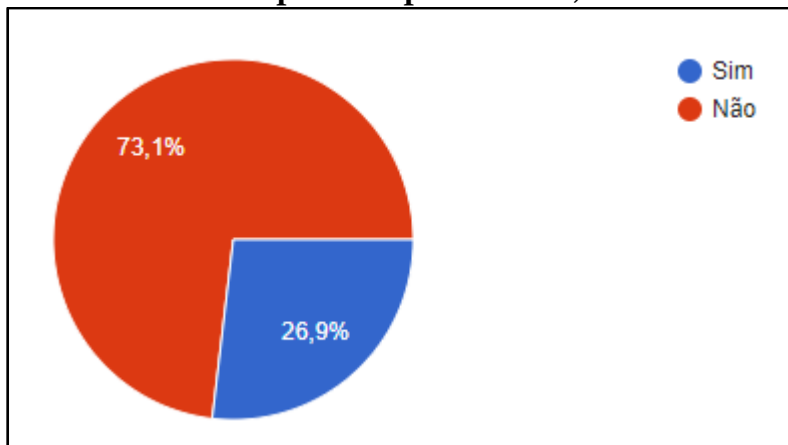
Fonte: Barreto; Silva; Câmara; Sousa, 2021.

Em relação a hábitos, 45,3% dos entrevistados tinham o costume de roer as unhas, e 99% dos alunos faziam higienização das mãos após o uso do banheiro. Nesse sentido, 63 pessoas (31,3%) ainda não possuíam o costume de lavar as mãos após tossir, espirrar ou assoar o nariz, podendo transmitir vírus a outros indivíduos, incluindo pacientes.

Prosseguindo, 56% dos estudantes não possuíam o costume de se alimentar nos ambientes hospitalares, mesmo porque esse tipo de refeição ainda não era oferecido aos estudantes em diversas unidades de saúde.

Por fim, 143 estudantes (73,1%) afirmaram que não possuíam os mesmos conhecimentos acerca das infecções relacionadas à assistência à saúde antes da pandemia de Sars-Cov-2, como demonstrado no gráfico VII, sobretudo acerca de questões profiláticas.

Gráfico VII – Distribuição dos alunos quanto aos conhecimentos sobre infecções relacionadas à assistência à saúde antes do período pandêmico, Caxias-MA.



Fonte: Barreto; Silva; Câmara; Sousa, 2021.

Sendo assim, 99% (n=199) dos estudantes respondeu que a pandemia de Coronavírus os auxiliou a se prevenir contra infecções, e a realizarem medidas profiláticas com mais cautela. E, por fim, 94% (n=189) dos alunos se sentiram estimulados a estudarem mais sobre biossegurança após a entrevista.

Discutindo os dados acima apresentados, tem-se que, segundo Brasil (2020), as infecções preveníveis estão, em geral, relacionadas ao uso de equipamentos ou procedimentos específicos que poderiam ter sido diferentes ou alterados, evitando, assim, seu aparecimento. Nesse aspecto, a segurança do paciente está relacionada às atitudes dos estudantes e profissionais de saúde durante a sua assistência, com o objetivo de prevenir eventuais falhas antes que elas causem danos.

Souza et al. (2012) observaram que a faixa etária mais relacionada a acidentes no ambiente médico-hospitalar foi a de 20 a 29 anos, na qual está incluída a maioria dos estudantes, estagiários e médicos residentes, e o principal motivo relatado pelos acidentados foi o descuido próprio. Dentre os entrevistados, apenas 20,4% dos estudantes afirmaram ter idade superior a 24 anos, ratificando as pesquisas feitas anteriormente.

Segundo Amorim et al. (2018), a principal via de contaminação do paciente em ambiente hospitalar que não a queixa primária é através das mãos, pois estas possuem a capacidade de abrigar micro-organismos, sendo reconhecida como a principal via de transmissão durante a assistência à saúde. Nos dados da pesquisa em discussão, 54,7% dos estudantes responderam que possuíam o hábito de tocar partes do corpo como boca, nariz, olhos, orelhas e nuca quando estavam nos estágios em unidades hospitalares e de saúde, configurando potenciais fatores para a transmissão de infecções.

De acordo com Bathke et al. (2013), ao se analisar a adesão de profissionais de saúde a correta higienização das mãos pensando na segurança do paciente e do próprio profissional, observaram que só 21 (54%) auxiliares de enfermagem, 5 (2,8%) enfermeiros, 5 (12,8%) técnicos em enfermagem, 6 (15,3%) médicos e 2 (5,1%) fisioterapeuta aplicavam o conhecimento de maneira correta. No caso do estudo em questão, é importante ressaltar que, dentro dos aspectos higiênicos, 95,5% (n=192) afirmaram terem suas rotinas higiênicas

sobretudo de mãos alteradas ou melhoradas durante o período pandêmico, considerando um avanço significativo nesse quesito.

Cavalcante e colaboradores (2019) observaram, em estudo realizado com 28 profissionais de saúde, controladores de infecção de hospitais públicos e privados de Natal- RN que 50% apresentavam carência de conhecimento quanto à correta higienização das mãos. Dentro da pesquisa, em relação a hábitos de higiene, 45,3% dos entrevistados tinham o costume de roer as unhas, e 99% dos alunos faziam higienização das mãos após o uso do banheiro. Além disso, 63 pessoas (31,3%) ainda não possuíam o costume de lavar as mãos após tossir, espirrar ou assoar o nariz, podendo transmitir vírus a outros indivíduos, incluindo pacientes. Logo, evidenciou-se uma redução desses percentuais, demonstrando crescimento no conhecimento dos estudantes sobre medidas de higienização.

Sobre o uso de máscaras, de acordo com Oliveira et al. (2020), a OMS indicou a utilização de máscara em caso de quadro gripal ou infecção pela SARS-Cov-2 ou se profissional de saúde no atendimento de pacientes suspeitos/infectados. Tendo em vista o estudo em análise, 70,1% dos entrevistados afirmaram não ter o hábito de utilizar máscaras descartáveis nos hospitais antes do período pandêmico, contra 29,9% que afirmaram já possuírem esse hábito antes da pandemia.

Guaraná et al. (2019) perceberam que muitos discentes não recebiam essas informações de forma suficiente para desenvolver as

habilidades necessárias para cumprir suas responsabilidades com a segurança dos pacientes, sendo esses treinamentos oferecidos, geralmente, na pós-graduação. No caso do estudo em análise, 143 estudantes (73,1%) afirmaram que não possuíam os mesmos conhecimentos acerca das infecções hospitalares antes da pandemia de Sars-Cov-2. Além disso, 94% (n=189) dos alunos se sentiram estimulados a estudarem mais sobre biossegurança após a entrevista, evidenciando a necessidade de implementações nesse sentido.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em relação ao questionário desenvolvido via Google Forms para recolher os dados dos estudantes, vale ressaltar que todos os 201 entrevistados até então concordaram em participar da pesquisa, e que não houve nenhuma desistência, contabilizando um total de 100% dos participantes no conteúdo das respostas do questionário.

Além disso, uma vez que o intuito da pesquisa foi avaliar os estudantes da saúde de uma forma geral, em relação aos conhecimentos obtidos acerca das infecções relacionadas à assistência à saúde, os resultados do questionário foram apresentados sem distinções entre alunos da medicina e da enfermagem, para que se possa ter um olhar mais holístico em relação aos resultados.

Sendo assim, com base nos resultados finais obtidos e anteriormente apresentados, se evidencia um conhecimento ainda

pouco disseminado sobre as infecções relacionadas à assistência à saúde pelos graduandos dos cursos da saúde, tendo em vista que muitos alunos ainda praticam hábitos pouco higiênicos e anti-profiláticos nos ambientes hospitalares.

Entretanto, vale ressaltar que o período pandêmico auxiliou muitos estudantes a se protegerem, tendo em vista as respostas obtidas. Isso deveu-se a quantidade de informações e protocolos que foram disseminados durante o período pandêmico inicial, e que continuam sendo ratificados constantemente, e que, de certa forma, potencializam os conhecimentos dos estudantes acerca desse tema.

Dessa forma, fica evidente a necessidade de priorizar e ampliar os conhecimentos sobre infecções relacionadas à assistência à saúde dentro do ambiente universitário, para que os acadêmicos possam ter acesso a elas, e assim, pôr esses conhecimentos em prática nos hospitais.

Para além do teor prático, uma vez munidos desses conteúdos, estes estudantes podem se tornar agentes propulsores da disseminação de conhecimento para a sociedade. Com isso, e a partir de medidas didáticas a serem adotadas nos centros de ensino superior, espera-se ampliar a proteção dos alunos e dos pacientes, sobretudo neste retorno progressivo às atividades, com o intuito de que todos possam se proteger e se prevenir de doenças e vírus danosos para o ser humano.

REFERÊNCIAS

AMORIM, Catarina de Siena Vieira et al. Higiene das mãos e prevenção da influenza: conhecimento de discentes da área de saúde. **Texto Contexto Enfermagem**. v. 27, n. 4, 2018.

ANVISA. Série Segurança do Paciente e Qualidade em Serviços de Saúde. Acesso: 24/05/2020. Link disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33852/3507912/Caderno+6++Implanta%C3%A7%C3%A3o+do+N%C3%ACle+de+Seguran%C3%A7a+do+Paciente>.

BATHKE, Janaína et al. Infraestrutura e Adesão à Higienização das Mãos: Desafios à Segurança do Paciente. **Revista Gaúcha de Enfermagem**. v. 34, n. 2, p. 78-85, 2013.

BELELA-ANACLETO, Aline Santa Cruz et al. Higienização da Mãos e a Segurança do Paciente: Perspectiva de Docentes e Universitário. **Texto & Contexto Enfermagem**, v. 22, n. 4, 2013.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Portaria MS**, v. 2914, p. 12, 2020.

CARARRO, Telma Elisa et al. A Biossegurança e segurança do Paciente na Visão de Acadêmicos de Enfermagem. **Revista Gaúcha de Enfermagem**, n. 33, v. 3, p. 14-19, 2012.

CAVALCANTE, Elisângela Franco de Oliveira et al. Implementação dos núcleos de segurança do paciente e as infecções relacionadas à assistência à saúde. **Revista Gaúcha de Enfermagem**, n. 40, 2019.

GUARANÁ, Carlos Vinícius Pacheco dos Santos et al. Avaliação da Competência de Estudantes de Medicina em Identificar Riscos à Segurança do Paciente através de Simulação. **Revista Brasileira de Educação Médica**, v. 43 (1 Supl. 1), p. 431-439; 2019.

OLIVEIRA, Adriana Cristina de; LUCAS, Thabata Coaglio; IQUIAPAZA, Robert Aldo. O que a pandemia da COVID-19 tem nos ensinado sobre adoção de medidas de precaução. **Texto & Contexto-Enfermagem**, v. 29, 2020.

SOUZA, Rafael Teixeira de et al. Avaliação de acidentes de trabalho com materiais biológicos em médicos residentes, acadêmicos e estagiários de um hospital-escola de Porto Alegre. **Revista brasileira de educação médica**, v. 36, p. 118-124, 2012.

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE,
ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

ENGENHARIAS

ANÁLISE DAS INCERTEZAS EM MEDIÇÕES POR SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO APLICADA EM UMA BANCADA DE CALIBRAÇÕES DE MANÔMETRO

Wellington Pereira Gomes¹

Welinton de Assunção²

INTRODUÇÃO

Ao relatar o resultado da medição de uma grandeza física, é imperativo que seja dada alguma indicação quantitativa da qualidade do resultado que venha expressar sua confiabilidade metrológica, assim como possibilitar sua comparação com valores de referência de uma especificação, padrão ou norma. Ele também possibilita comparar valores de referência de uma determinada especificação.

A metrologia é definida como a ciência da medição que tem como foco principal prover a confiabilidade, credibilidade, universalidade e qualidade às medidas. Como as medições estão presentes, direta ou indiretamente, em praticamente todos os processos de produção industrial de tomada de decisão, a abrangência da metrologia é imensa, envolvendo a indústria, o comércio, a saúde, a segurança, a defesa e o meio ambiente, entre outros (BARDUCCI *et al*, 2018).

Ao ser realizada a calibração, as medições são afetadas por erros que podem ser provenientes do mensurando, do instrumento

¹ Graduando do curso de Engenharia de Produção da Universidade Estadual do Maranhão; Bolsista PIBIC/UEMA.

² Professor Doutor do curso de Engenharia de Produção da Universidade Estadual do Maranhão; Professor Orientador.

de medição e/ ou grandeza de influência externa, e com isso o resultado pode ser afetado de alguma forma pela presença de incerteza (ANDRADE *et al*, 2017).

Conforme o Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia (VIM, 2012, p.45), a incerteza de medição é definida como “parâmetro associado ao resultado de uma medição, que caracteriza a dispersão dos valores que podem ser fundamentadamente atribuídos a um mensurando”. Uma determinada medição deve ser executada através de um sistema, onde os dados apresentados serão fiéis em relação às tolerâncias requeridas, para isso também é considerado como um parâmetro de entrada fundamental para modelos complexos de otimização nos processos. No entanto, a medição deve-se ser executada de modo sistemático, fiável (acreditar) e que obedeça a critérios ou norma de execução, no propósito de atender as exigências quanto à tolerância requerida.

A técnica mais conhecida para avaliação e expressão da incerteza de medição é conhecida como ISO GUM. Sua primeira publicação ocorreu em 1993, pela ISO (*International Organization for Standardization e Guide to Expression of Uncertainty in Measurement*), em conjunto com o BIPM (*Bureau International des Poids et mesures*) e outras entidades internacionais reconhecidas (NOGUEIRA *et al*, 2012).

O GUM é considerado como um método clássico que tem como base a propagação de incertezas através do modelo matemático de medição e cuja abordagem traduz uma característica chave na medição, assumindo um modelo que relaciona o mensurando com todas as suas variáveis de influência (VIM, 2012).

O modelo proposto pelo guia apesar de apresentar uma robustez e grande eficácia, apresenta limitações quando se trata de problema de não linearidade, outras técnicas de simulação disponíveis na literatura para suprimir essa limitação destaca-se a Simulação de Monte Carlo (SMC). Esta técnica é baseada na geração de números aleatórios e probabilidade de ocorrência de valores associados ao fenômeno em análise. Para Marco *et al* (2014) dentre as vantagens da SMC, destaca-se que os dados de entrada podem apresentar qualquer tipo de distribuição, podendo analisar cenários de forma ágil (alterando somente dados de entrada) e, devido a não existência de um algoritmo único para SMC, pode-se ajustar o procedimento de simulação da forma mais oportuna à situação.

Com isso, torna-se imprescindível o conhecimento do valor dessas incertezas, pois, esse auxilia a validar qualitativamente o resultado da calibração, em outras palavras descobrir a qualidade da solução. Além disso, a incerteza é essencial para identificar se os instrumentos de medição estão funcionando dentro de um intervalo adequado, se ele apresenta uma discrepância, isso significa que a qualidade do aparelho não é muito confiável.

Diante disso, o objetivo do presente trabalho visa determinar a incerteza de medição pelos métodos de simulação de Monte Carlo (SMC) e pelo GUM (Guia para a Expressão de Incerteza de Medição), e validar os resultados obtidos por ambos os métodos, assim como elaborar um modelo matemático através de um ‘*software*’ para avaliação e conhecimento das incertezas encontradas em uma bancada de calibração de manômetro, com ênfase na SMC.

METODOLOGIA







Este trabalho classifica-se, quanto à natureza, como pesquisa aplicada, pois se orienta à geração de conhecimentos dirigidos à solução de problemas específicos. Do ponto de vista da abordagem, a pesquisa pode ser classificada como pesquisa Quali-Quantitativa, envolvendo o uso de técnicas estatísticas (DA SILVA; MENEZES, 2005). Do ponto de vista de seus objetivos, a pesquisa pode ser classificada como exploratória, descritiva e explicativa (GIL, 2010).

Conforme Jung (2003), quanto aos “procedimentos” à execução de uma pesquisa depende das técnicas e métodos a serem adotados para a coleta e análise dos dados, sua natureza e objetivos requerem ferramentas adequadas para a resolução dos problemas de pesquisa. Isso significa que existem vários tipos de pesquisa adotados em função das necessidades práticas de execução.

Este método de cálculo de probabilidade é baseado em simulações aleatórias, sendo de fácil compreensão, apresenta boa

precisão, é de fácil implementação computacional e amplamente utilizado por cientistas de dados. O método de Simulação de Monte Carlo envolve a geração de valores randômicos para cada variável aleatória a partir da sua distribuição PDF (Função Densidade de Probabilidade³), as funções probabilísticas mais conhecidas estão descritas na Figura 1.

Figura 1 – Funções Densidade Probabilidade

| Informação disponível | FDP atribuída e ilustração (escala arbitrária) |
|---|---|
| Limites inferior e superior a, b | Retangular: $R(a, b)$  |
| Limites inferior e superior não exatos $a \pm d, b \pm d$ | Trapezoide curvilíneo: $CTrap(a, b, d)$  |
| Soma de duas grandezas com distribuições retangulares atribuídas com limites inferiores a_1, b_1 e limites superiores a_2, b_2 | Trapezoidal: $Trap(a, b, \beta)$ com $a = a_1 + a_2,$ $b = b_1 + b_2,$ $\beta = (b_1 - a_1) - (b_2 - a_2) / (b - a)$  |
| Soma de duas grandezas com distribuições retangulares atribuídas com limites inferiores a_1, b_1 e superiores a_2, b_2 e mesma semi-largura ($b_1 - a_1 = b_2 - a_2$) | Triangular: $T(a, b)$ com $a = a_1 + a_2, b = b_1 + b_2$  |
| Sinusoidal entre limites inferior e superior a, b | Arco seno (formato de U): $U(a, b)$  |
| Melhor estimativa x e incerteza-padrão associada $u(x)$ | Gaussiana: $N(x, u^2(x))$  |

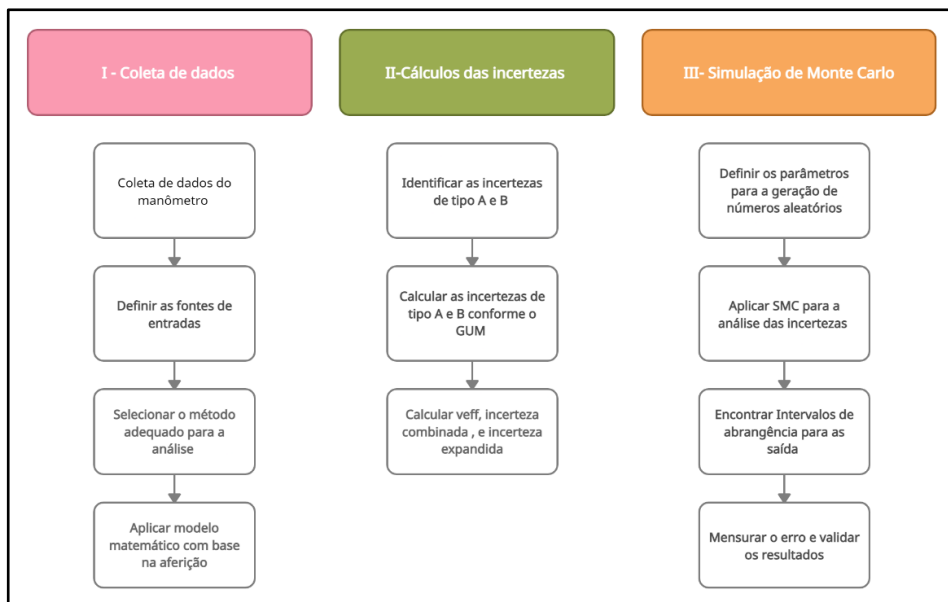
Fontes: GUM (2008)

O presente trabalho irá introduzir um método de solução, onde ele apresenta problemas reais do método de calibração a partir

³ A função densidade de probabilidade pode ser representada por $gX(\xi)$, com variável aleatória (ξ) para a grandeza de entrada.

do tratamento estatístico da amostra de dados gerados pela simulação. A metodologia proposta e demonstrada na Figura 2, é dividida em três etapas: (i) Coleta de dados, (ii) Cálculos das incertezas, (iii) Simulação de Monte Carlo.

Figura 2 – Etapas da metodologia da pesquisa



Fontes: Os autores (2021)

Na etapa 1 ocorre a coleta de dados baseados no momento da calibração, também será avaliado os parâmetros investigados. Nesta etapa ocorre a definição das fontes de entradas. Tendo como base a sistemática proposta, será realizado uma análise sucinta dos dados que estão sendo encontrados, visando tratá-los de maneira correta.

Em contrapartida, a segunda etapa consiste na identificação das incertezas de tipo A e B, encontradas no momento da calibração, cujo procedimento para sua identificação foi seguido conforme as normas apresentadas pelo GUM (Guia para Expressão de Incerteza de Medição). Complementarmente a esta etapa, aqui são calculadas as incertezas A e B, para este propósito, é obrigatório a aplicação de uma função de densidade probabilidade (Figura 1) em cada uma das fontes de entrada, assim como sua especificação.

Para a terceira etapa, é selecionado os parâmetros para a simulação de Monte Carlo que são as incertezas das fontes de entradas coletadas pelo método GUM. Por fim, é realizado a análise do critério de aprovação, com o intuito de saber se o instrumento calibrado está no intervalo exigido, e se as incertezas encontradas estão em um padrão aceitável. As coletas de dados do manômetro permitirão demonstrar essas incertezas e embasar a avaliação da contribuição da técnica de Simulação de Monte Carlo.

Para auxiliar nos processos metrológicos que serão executados no presente trabalho, é necessária uma linguagem de programação ou um 'software' específico para tal análise. Dito isto, a linguagem que será trabalhada neste artigo será o R, através do seu *open source* o Rstudio, ele será de auxílio na criação do algoritmo para encontrar as incertezas pelo método GUM. Para o método de simulação de Monte Carlo, será utilizado a Uncertainty Machine, uma calculadora criada pelo site governo dos Estados Unidos em conjunto com o

National Institute of Standards and Technology (NIST) em linguagem R, para a análise da incerteza por SMC.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Método de propagação de incertezas (ISO GUM)

De acordo com Cox *et al.* (2001), a avaliação da incerteza de medição é realizada em duas fases. A primeira consiste em criar um modelo de medição, e sua procedente envolve a sua avaliação, que se pode analisar as incertezas. O método clássico, proposto pelo GUM (Guia para Expressão de Incerteza de Medição), baseia-se na propagação das incertezas das grandezas de influência, através de um modelo matemático que representa o mensurando (DONATELLI; KONRATH, 2005), onde o Y demonstra o termo dependente a ser encontrado, o (f) é a função cujo conhecimento é desconhecido, e o ϵ mostra o erro do mensurado. O modelo matemático é representado através da Equação (1).

$$Y = f(X_1, X_2, X_3) + \epsilon \quad (1)$$

Geralmente o mensurando (Y) não é medido diretamente, mas é determinado, a partir de n outras grandezas X_1, X_2, \dots, X_n , por uma relação funcional (GUM 2008). Deve-se atentar e distinguir com cuidado os termos “erro” e “incerteza”, esses termos não são sinônimos, ao contrário, representam conceitos completamente diferentes, não devem ser confundidos nem mal-empregados

(MANFREDO, 2011). Para Manfredo (2011), essas incertezas dão origem a um erro no resultado podendo às vezes prejudicarem a coleta dos dados, este pode ser de causa sistemática ou aleatória. São vários erros existentes, dentre eles podem ser abordados: o erro médio, máximo e mínimo.

No que se refere a erro médio de medição ou tendência (T), é definido como a distância da média das indicações até o valor convencional, sendo este último o de referência fornecido pelo padrão de calibração (GILBERTO, 2013). O erro máximo possível é a soma da tendência com a incerteza expandida de medição (U), sendo este o mais importante, para definição do limite tolerado pelo material. Por fim, têm-se o erro mínimo, dada pela diferença entre a tendência e a incerteza encontrada. A Equação (2) demonstra a relação entre essas variáveis.

$$|T| \pm U \quad (2)$$

Segundo o GUM (2008), as contribuições para as incertezas podem ser classificadas em dois tipos, dependendo do método de avaliação empregado, sendo elas: tipo A ou B. Em geral, o resultado de uma medição é somente uma aproximação ou estimativa do valor do mensurando e, assim, só é completo quando acompanhado pela declaração da incerteza dessa estimativa (MANFREDO, 2011). As incertezas tipo A (u_i), são calculadas pela Equação (3), e podem ser estimadas a partir da análise estatística de um conjunto de resultados

(DONATELLI; KONRATH, 2005). Geralmente é representada pelo desvio padrão (S), e a partir da média de uma série de observações repetidas (n).

$$u_1 = \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

As incertezas do tipo B (u_2), são encontradas devido ao erro do instrumento, para isso como medida do material, pega-se seu erro máximo (E_m) permitido e aplica uma distribuição conforme o problema (PAISAN; MORET, 2008). A Equação (4) demonstra o relacionamento que se dá entre esse erro do instrumento com a medida em questão, sendo ela de distribuição retangular. Em contraste com a incerteza do tipo A, que envolve procedimentos já bastante conhecidos, os métodos para estimar as incertezas tipo B são um pouco mais elaborados e exigem maior atenção (PAULO; COUTO, 2011).

$$u_2 = \frac{E_m}{\sqrt{3}} \quad (4)$$

O Guia acrescenta que a incerteza combinada (Equação 5), é dada pela combinação das incertezas da fonte de entrada, as incertezas das grandezas de entrada, também chamadas de incertezas padrão, são obtidas através dos desvios padrões das distribuições de probabilidade das incertezas medidas de cada uma das fontes entrada (CORAL, 2018). Para obter a incerteza combinada da grandeza de saída, é utilizado a lei de propagação de incertezas, onde o $u_c(y)$ é a incerteza padrão combinada; $u(x_i)$, a incerteza de

uma grandeza de influência $x_i \partial y / \partial x_i$, o coeficiente de sensibilidade da grandeza x_i ; e $r(x_i x_j)$, o coeficiente de correlação x_i e x_j (CORAL, 2018).

$$u_{c(y)} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left[\frac{dy}{dx(i)} \cdot u(x_i) \right]^2 \cdot \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \frac{dy}{dx i} \cdot \frac{dy}{dx j} \cdot u(x_i) \cdot u(x_j) \cdot r(x_i \cdot x_j)} \quad (5)$$

Para ações de maneiras práticas, é necessário dar uma medida que defina um intervalo com maior probabilidade de abrangência para os dados de saída do modelo, a medida adicional de incerteza que satisfaz o requisito de fornecer esse intervalo é denominada incerteza expandida, representada por U (DONATELLI; KONRATH, 2005). A incerteza expandida (U), é obtida multiplicando-se a incerteza-padrão combinada $u_c(y)$ por um fator de abrangência k (GUM 2008), onde geralmente utilizam-se 95,45%.

$$U = k \cdot u_{c(y)} \quad (6)$$

O Guia propõe também que os graus de liberdade efetivos (V_{eff}) sejam calculados usando a fórmula de Welch-Satterthwaite (DONATELLI; KONRATH, 2005). Os ' V_{eff} ' são uma medida da incerteza de $u_c(y)$, e é um fator chave na determinação da abrangência (k) (FRENKEL, 2006). A forma que a Equação (7) deve ser utilizada que requer atenção, visto que essa fórmula possui limitações quanto ao seu uso na estimativa dos V_{eff} (BALLICO, 2000; LIU, 2005), e também, em algumas medições apresentam

especificações detalhadas, e o uso dela pode ser inconsistente, como explicado em Willink (2008).

$$v_{eff} = \frac{u_c^4(y)}{\sum_{i=1}^n v_i^{-1} \cdot \left(\frac{dy}{dx_i} u(x_i)\right)^4} \quad (7)$$

Onde v_i são os graus de liberdade de uma grandeza de influência x . Com referência à validade desse procedimento de expansão, o Guia estabelece: “A avaliação da incerteza expandida (U) é somente uma aproximação e tem suas limitações” (GUM 2008). A distribuição de $(y - \bar{y}/u_y)$ é dada pela distribuição (t), somente se a distribuição de Y é normal, se a estimativa (y) e sua incerteza padrão combinada são independentes e se a distribuição de $u_c^2(y)$ é uma distribuição (χ^2) (DONATELLI; KONRATH, 2005).

Método de propagação de distribuições (SMC)

A partir da análise do tópico (2.2), pode-se afirmar que as condições de aplicabilidade do método de propagação de incertezas tornam-se restritivas demais para garantir resultados confiáveis em muitas situações reais (DONATELLI; KONRATH, 2005). O uso desse método na avaliação da incerteza de medições que respondam a modelos não-lineares ou apresentem grandezas de influência não-normais dominantes, pode resultar em incertezas pouco realistas (DONATELLI; KONRATH, 2005) Para suprir essas limitações impostas pelo método, utiliza-se da metodologia da Simulação de Monte Carlo.

A técnica usada no cálculo da incerteza de medição por SMC começa com a definição do mensurando, define-se o modelo de equação em função das grandezas de entrada, do mesmo modo que no método ISO GUM (SOUSA; JUNIOR 2016). A SMC é operacionalizada através de um processo iterativo, onde são gerados números aleatórios e sucessivamente, N valor de uma variável de entrada específica, aplicados ao modelo em análise, resultando em uma distribuição de probabilidade com média e desvio padrão de ocorrências para o evento (modelo) estudado (ZAPATA et al., 2004). Entretanto, a SMC se baseia não da adição das incertezas das fontes de entrada, mas na propagação das próprias distribuições de probabilidades (pdf), o que engloba toda e qualquer distribuição que essa assuma (PAULO, 2005).

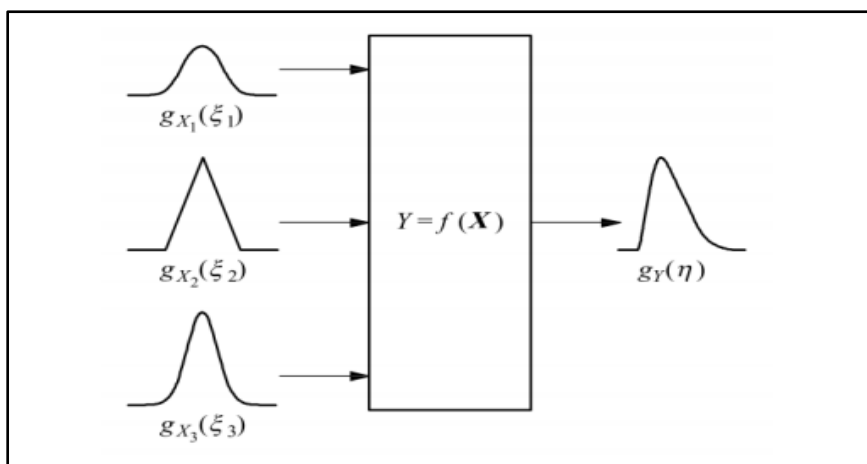
O Método de Simulação de monte Carlo fornece uma abordagem geral para se obter uma representação numérica aproximada G , da função de distribuição $G_Y(\eta)$ para Y . A essência da abordagem é a realização de repetidas amostragens das FDPs para os X_i (entradas do modelo) e a avaliação numérica do modelo em cada caso (GUM 2008), conforme representado na Equação (8).

$$G_{Y(n)} = \int_{-\infty}^n g_Y(z) dz \quad (8)$$

A propagação das FDPs ($g_{X_i}(\xi_i)$, $i = 1, \dots, N$) das grandezas de entrada X_i com o uso do modelo, para fornecer a FDP $g_Y(\eta)$. para a grandeza de saída Y , está ilustrada na Figura 3 para três X_i

independentes ($n=3$). As FDPs ($g_{X_i}(\xi_i)$) são, respectivamente, gaussianas, triangular e gaussiana. A FDP de saída $g_Y(\eta)$, é indicada como sendo assimétrica, como geralmente ocorre para modelos não-lineares ou para entradas $g_{X_i}(\xi_i)$ assimétricas. Em resumo, a SMC também pode ser entendida através do conceito de propagação das fdps das variáveis de entrada, onde a relação funcional dessas grandezas é também uma relação funcional entre suas respectivas fdp's, de modo que ao final da simulação gera-se a fdp do mensurando (SOUSA; JUNIOR 2016).

Figura 3 - Propagação de distribuições para $N=3$



Fontes: GUM(2008)

A maior flexibilidade do método de avaliação de incerteza por SMC permite que ele seja usado para estimar a incerteza expandida, em situações nas quais a distribuição que representa os valores possíveis do mensurando não é normal (SOUSA; JUNIOR 2016), para

isso é necessário determinar os intervalos de abrangência de Y , a partir de $gY(\eta)$.

Para casos de distribuições de saída simétrico, o suplemento do GUM indica que “a escolha de $\alpha = (1 - p)/2$ fornece o intervalo de abrangência definido pelos quantis $(1 - p)/2$ e $(1 + p)/2$, proporcionando um intervalo de abrangência probabilisticamente simétrico de $100p\%$ ” sendo p probabilidade de abrangência desejada (GUM, 2008), ou seja, a incerteza desejada das adições das FDPS nas fontes de entradas, podem ser encontrada com base nos intervalos de saída do modelo.

Em casos de modelos com saída assimétrica (como visualizados na Figura 3), é conveniente aplicar o procedimento recomendado para a estimação do intervalo de abrangência mínimo, conforme o GUM (2008). Seja α diferente de $(1 - p) / 2$, os extremos de um intervalo de abrangência de probabilidade p , denominado I_p estão definidos pelas equações 9 e 10.

$$I_{pinf} = G^{-1}(\alpha) \quad (9)$$

$$I_{psup} = G^{-1}(p + \alpha) \quad (10)$$

Onde I_{pinf} é o limite inferior do intervalo de abrangência, I_{psup} o limite superior e G^{-1} , a inversa da função de probabilidade acumulada. Para obter o menor intervalo de abrangência, o valor dado de α deve ser calculado de acordo com a Equação (11).

$$I_{pmin} = \text{mínimo}[G^{-1}(p + \alpha) - G^{-1}(\alpha)] \forall \alpha / 0 \leq \alpha \leq (1 - p) \quad (11)$$

Vale ressaltar que os intervalos obtidos para encontrar o erro amostral tanto para saídas simétricas ou assimétricas, vão depender diretamente do número de medições simuladas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Calibração do Manômetro - (ISO GUM)

A sistemática proposta foi aplicada em uma bancada de calibração de manômetro. A resolução padrão do manômetro é de $0,1\text{kgf}/\text{cm}^2$. Sua medição foi realizada em um laboratório, onde a temperatura no momento da calibração apresentou variação entre $22 \pm 1^\circ\text{C}$, e cuja faixa de representação nominal é de $0-200\text{kgf}/\text{cm}^2$. O objeto a ser calibrado foi um Manômetro de resolução $1\text{kgf}/\text{cm}^2$, apresentando uma faixa de variação entre $0-2\text{kgf}/\text{cm}^2$. Inicialmente calculou-se a incerteza padrão $U(y)$, onde apresentou o valor de $0,1\%$ em relação ao fundo da escala. O ponto de repouso do material é dado pelo valor de referência. Os valores da calibração do manômetro são demonstrados no Quadro 1.

Quadro 1 – Coleta de dados das fontes de entrada

| Valores coletados do manômetro | | | | | | |
|--------------------------------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|
| Referência | Avanço | Retorno | Avanço | Retorno | Avanço | Retorno |
| 30 | 29,8 | 29,6 | 29,7 | 29,7 | 29,8 | 29,7 |
| 45 | 45 | 44,6 | 45,1 | 44,7 | 45,1 | 44,7 |
| 75 | 75 | 74,6 | 75 | 74,6 | 75 | 74,6 |

Fontes: Os autores (2021)

O modelo matemático proposto segue a metodologia apresentada por Paisan (2008), onde $Y = F(X_1, X_2, X_3)$, de modo que, $X_1, u_1, X_2, u_2 \rightarrow Y = f(x) \rightarrow y, u(y), X_3, u_3$, isso significa que para cada fonte de entrada encontrada, tem uma respectiva fonte de saída.

Através do 'open source' da linguagem em R, o Rstudio, foi feita a manipulação dos valores (Figura 4). Com isso, foram definidos os objetos a serem tratados na linguagem em R, são eles: o ponto de referência, avanço e retorno. Para organizar os dados de modo que ocorra o cálculo das incertezas, é utilizado o comando `c` (elemento 1, elemento 2...), que agrupa os resultados encontrados pela calibração a uma variável específica do modelo. Logo em seguida, são retirados as médias e o desvio padrão dos objetos criados através dos comandos `mean(x)` e `sd(x)` respectivamente.

O algoritmo criado para o cálculo da incerteza pelo método clássico de propagação, é seguido conforme as regras do GUM. Os componentes de incerteza tipo B foram atribuídos uma distribuição retangular (Equação 4). As de tipo A devido à dispersão das observações, são atribuídos uma distribuição Gaussiana (Figura 1). Assim como ressaltado, são encontradas as incertezas A e B (Quadro 2), para cada fonte de saída encontrada pelo modelo matemático.

Figura 4 – Algoritmo para o cálculo de incertezas (GUM)

```

1 #Validação para o Manômetro de 30kgf//^2
2 Referencia= c(30)
3 Avanco= c(29.6,29.7,29.8)
4 Retorno= c(29.6,29.7,29.7)
5
6 x=c(Avanco,Retorno)
7 mean(x)
8 sd(x)
9 print(x)
10
11
12 #Calculo das incertezas Rp= repetitividade; Urp= Incerteza da repetitividade#
13
14
15 Rp = sd(x)
16 Urp= Rp/sqrt(6)
17 print= (Urp)
18
19 #R = Resolução Padrão; Ur = Incerteza da Resolução Padrão#
20 R = 0.1
21 Ur= R/(2*sqrt(3))
22
23 # Rm = Resolução do Manômetro; Urm = Incerteza da resolução do manômetro#
24 Rm= 1
25 Urm=1/(2*sqrt(3))
26
27 ##H= Histerese ; UH= Incerteza da histerese #
28
29 #Observação: O valor da histerese ja foi adicionado como uma variável, para
30 #encontra-la basta calcular o valor absoluto da subtração da média do avanço
31 #média do retorno, Exemplo: ABS(Média avanço - Média retorno)
32
33 H=0.1
34 UH= (H)/(2*sqrt(3)))
35
36 #h = Herdada; Uh= Incerteza Herdada #
37 h= 0.1
38 Uh= (h*mean(x)/100)/2
39
40
41 #UC= Incerteza Combinada; Veff= graus de liberdade; k= Fator de abrangência#
42 UC = sqrt(Urp^2+Ur^2+Urm^2+UH^2+UH^2)
43
44 Veff=(UC^4/Urp^4)^(6-1)
45 T=qt(1-0,045/2, Veff)
46
47 #k= Fator de abrangência; U= Incerteza expandida#
48 k= T
49 U= UC*1.96
50 print(U)

```

217 (Top Level) | R Script

Console Terminal Jobs

```

~/
> print(U)
[1] 0.5753367
>

```

Fontes: Os autores (2021)

O U_{rp} (Incerteza da repetitividade) é encontrado conforme o desvio padrão (S), das fontes de entrada (Avanço e Retorno), para o valor de $n=6$. Já U_r e U_{rm} (Incerteza da resolução padrão e incerteza da resolução do manômetro respectivamente), em ambos foram atribuídos uma FDP retangular.

A U_H (Incerteza da Histerese) encontrada no momento da calibração, difere da deformação permanente de um elemento medido após uma carga excessiva, ou seja, quando um determinado

material é esforçado por tensões constantes, ela surge pela diferente resposta que o instrumento de medição apresenta quando é estimulado no sentido de pressão crescente ou decrescente. No objeto calibrado, foi encontrado a partir da média do avanço e retorno do manômetro, e adicionado um divisor similar a Equação (4).

Em contraponto, o U_h (Incerteza Herdada do manômetro) se adotou diferentes valores de divisor ($k=2$), e foi encontrada com base na certificação do manômetro, ao ser multiplicado pela média dos avanços e retornos, e posteriormente dividido por 100. Os resultados das incertezas calculados pelo algoritmo estão demonstrados no Quadro 2.

Quadro 2 – Valores obtidos dos cálculos das incertezas tipo A e B

| R | U _{rp} (A) | U _R (B) | U _{Rm} (B) | U _H (B) | U _h (A) |
|----|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| 30 | 0,030732 | 0,028868 | 0,288675 | 0,02886751 | 0,01485833 |
| 45 | 0,0904 | 0,028868 | 0,288675 | 0,1154701 | 0,02243333 |
| 75 | 0,08914672 | 0,028868 | 0,288675 | 0,09622408 | 0,0374 |

Fontes: Os autores (2021)

Assim como proposto pelo guia, calculou-se a incerteza combinada ($U_{c(y)}$), os graus de liberdade efetivo (Equação 7), a incerteza expandida (Equação 6), e o fator de abrangência de (k). O Quadro 3 demonstra o resultado encontrado para o processo final de análise de incerteza.

Quadro 3 – Valores obtidos das incertezas de saída

| R | $U_{c(y)}$ | V_{eff} | k | U |
|----|------------|-------------|------|-------------|
| 15 | 0,291124 | 476827,2 | 1,96 | 0,57062832 |
| 30 | 0,294299 | 42800,68028 | 1,96 | 0,573672655 |
| 60 | 0,316775 | 1978,493715 | 1,96 | 0,6120368 |

Fontes: Os autores (2021)

Os graus de liberdade apesar de apresentarem valor elevado, eles são apenas indicadores para definição do valor de (k), sua complexidade talvez seja uma das desvantagens do método clássico, quando o modelo envolve derivadas parciais ou apresenta uma magnitude complexa, o cálculo do V_{eff} pode se tornar um desafio.

Calibração do Manômetro - (SMC)

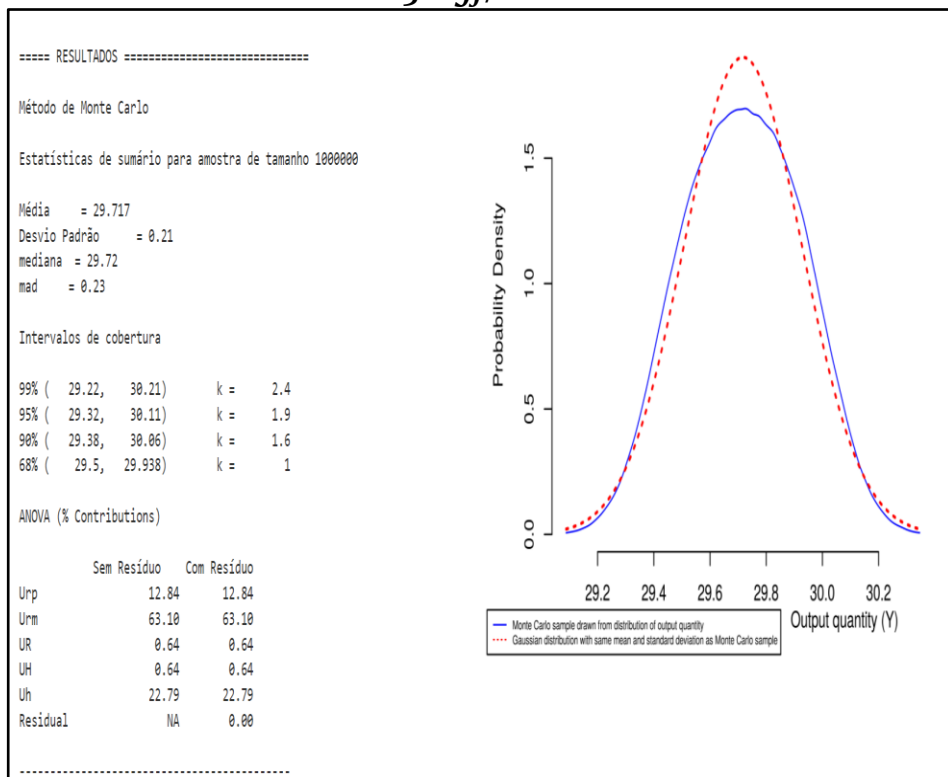
A Simulação de Monte Carlo foi realizada com base no Quadro 2, em que são mostradas as fontes de incertezas, para cada ponto de calibração. Os dados foram alocados na calculadora NIST. A Calculadora de incerteza de medição do NIST funciona no servidor Web NIST, acessível através de um navegador via Web em <https://uncertainty.nist.gov/>. A calculadora NIST está escrito em linguagem R para computação estatística e gráficos, com a licença R Core Team 2015.

Quanto ao uso da calculadora NIST, apenas as informações da quantidade variáveis de entrada, o tipo de FDP, cálculos simples de média, desvio-padrão e desvio-padrão da média são necessários, além da definição de modelo de medição da grandeza de saída, bem

diferente da exigência do cálculo da Equação (7) de Welch-Satterthwaite exigidos pelo GUM, tornando a estimativa muito trabalhosa.

Os gráficos posteriores foram gerados pela SMC para cada ponto de calibração e o impacto de cada fonte de incerteza no valor final do mensurando, para isso foram realizadas 1000000 simulações.

Figura 5 – Resultados obtidos pelo método de SMC no ponto 30kgf/cm^2



Fontes: Os autores (2021)

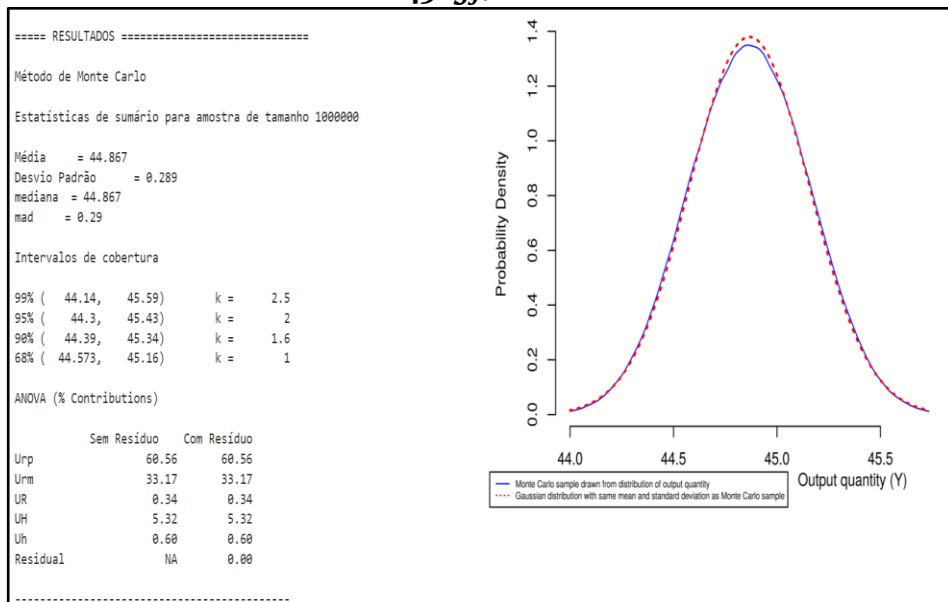
A Figura 5 demonstra a FDP assumida pelo mensurando após a simulação para o ponto de calibração 30kgf/cm^2 . Para o nível de confiança de 95%, os limites inferior e superior foram $29,46\text{kgf/cm}^2$ e $30,23\text{kgf/cm}^2$, respectivamente. A simulação obteve como média $29,717$ e desvio padrão de $0,21$. Como a fdp do mensurando é aproximadamente simétrica, a incerteza expandida para esse caso pode ser obtida pela diferença entre os limites superior inferior dividido por 2 ($\alpha = (1 - p) / 2$), resultando em $0,395^4$.

Cada fonte de incerteza sobre a FDP do mensurado tem sua devida influência. No ponto de 30kgf/cm^2 do manômetro, a incerteza da repetitividade teve um impacto de $12,78\%$ sobre o resultado da incerteza final, ao passo que a incerteza da resolução do manômetro contribuiu com $63,10\%$. A incerteza padrão apresentou $0,64\%$, e as incertezas advindas da herdada e histerese apresentaram $22,79\%$ e $0,64$ respectivamente.

No ponto de calibração 45kgf/cm^2 a simulação apresentou os resultados conforme demonstrado na Figura 6.

⁴ A incerteza expandida não tem uma unidade específica, para muitos casos, sua representação é dada por uma incerteza relativa, ou seja, ela é convertida em porcentagem.

**Figura 6 – Resultados obtidos pelo método de SMC no ponto
45kgf/cm²**



Fontes: Os autores (2021)

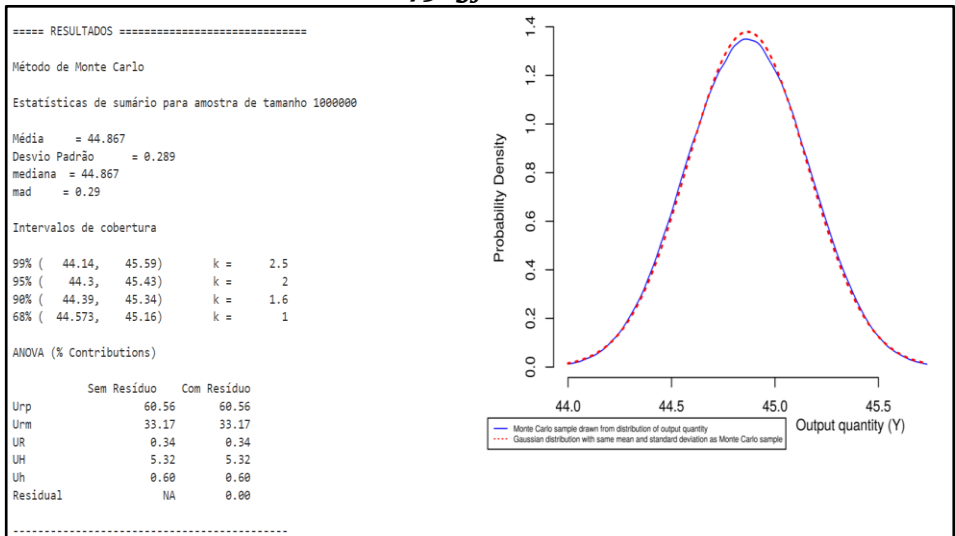
Para o ponto de calibração 45kgf/cm² obteve-se uma média de 44,867 com desvio padrão de 0,289. Como a FDP final é aproximadamente simétrica, pode-se fazer o mesmo procedimento descrito anteriormente para o cálculo da incerteza expandida. Dessa forma, a incerteza expandida é igual a 0,565.

Analisando-se os rótulos de impacto de cada fonte de incerteza para o determinado ponto de calibração, o valor da repetitividade apresentou elevação neste ponto do material, devido ao fato de seu desvio padrão ser maior que anteriormente, apresentando influência de 60,56%. A resolução do manômetro e

padrão apresentam respectivamente 33,17% e 0,34%. Por fim, a herdada com o valor de 0,60% e a histerese com 5,32%.

A Figura 7 ilustra a FDP gerada para o ponto de calibração 75 kgf/cm².

Figura 7 – Resultados obtidos pelo método de SMC no ponto 75kgf/cm



Fontes: Os autores (2021)

Para determinar a incerteza neste ponto, foi utilizada o mesmo nível de confiança do ponto de 30kgf/cm² e 45kgf/cm² (95,46%), apresentando média de 74,8 e desvio padrão de 0,284. A incerteza expandida calculada pelo procedimento já descrito é de 0,566. A incerteza da repetitividade para este ponto tem a influência de 59,60% sobre a incerteza final. A Resolução do manômetro, a

resolução padrão, histerese e herdada, tem um impacto de 0,35%, 34,46%, 3,84% e 1,74 % respectivamente.

Observa-se que a FDP assumida pelo mensurando no ponto de calibração $30\text{kgf}/\text{cm}^2$ tem

uma forma não normal, evidenciando uma das vantagens da SMC frente ao ISO GUM, já que esse último assume a normalidade da FDP do mensurando. Outra vantagem da Simulação de Monte Carlo é a possibilidade de se visualizar as funções de densidade e probabilidade, tal feito não é possível no ISO GUM. Os valores obtidos por ambos os métodos podem ser visualizado no Quadro 3.

Quadro 3 – Valores obtidos das incertezas de saída

| Comparação dos métodos | | | |
|--------------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|
| Método | Incerteza expandida do método GUM e simulação de Monte Carlo | | |
| Incerteza(U) | U (1) $30\text{kgf}/\text{cm}^2$ | U (2) $45\text{kgf}/\text{cm}^2$ | U (3) $75\text{kgf}/\text{cm}^2$ |
| GUM | 0,570711076 | 0,6394759 | 0,6284987 |
| Simulação De Monte Carlo | 0,395656 | 0,5655435 | 0,566464 |

Fontes: Os autores (2021)

As incertezas das fontes de saída pelo método GUM e SMC no ponto $45\text{kgf}/\text{cm}^2$ e $75\text{kgf}/\text{cm}^2$ apresentam uma conformidade de 0,0744 e 0,0624, entretanto, no ponto $30\text{kgf}/\text{cm}^2$ há uma diferença considerável de 0,1757. Essa discrepância entre esse valor obtidos

pode estar relacionada com diversos fatores, como erro técnico durante a calibração dos dados, influências ambientais ou, mais provavelmente para esse caso, inadequação quanto à resolução do manômetro, por apresentar um valor maior que o desvio padrão da repetitividade.

Critério de aprovação ISO GUM / SMC

Foi adotado pelo laboratório um critério de aceitação (Quadro 4), um determinado limite para as incertezas expandidas encontradas por ambos os métodos. Com isso, foram calculadas as tendências que estavam ocorrendo no material, que nada mais é do que a diferença entre a média das fontes de entrada e o valor de referência (Equação 2).

Quadro 4 – Valores da Referência, média tendência e limite adotado

| Referência | Média | Tendência | limite Adotado |
|-------------------|--------------|------------------|-----------------------|
| 30 | 29,71667 | -0,283333333 | 1 |
| 45 | 44,86667 | -0,133333333 | 1 |
| 75 | 74,8 | -0,2 | 1 |

Fontes: Os autores (2021)

O valor encontrado da Tendência, foi somado com as incertezas expandidas encontrando sua situação equivalente, se está aprovado ou encontra-se em fase de análise, para isso, $|T| + U \leq 1$. Se estiver em situação de aprovação, o resultado coletado das fontes de

entradas (Quadro 1) estaria com alta confiabilidade, se estivessem em análise, os dados coletados acerca daquela calibração estariam com baixa confiança, pois o erro permitido estaria acima da média.

Quadro 5 – Critério de Aprovação

| Incertezas | U (1) 30kgf/cm^2 | U (2) 45kgf/cm^2 | U (3) 75kgf/cm^2 |
|-------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| SMC | 0,678333333 | 0,698333333 | 0,695370133 |
| GUM | 0,858670033 | 0,772809233 | 0,766 |
| Situação | Aprovado | Aprovado | Aprovado |

Fontes: Os autores (2021)

Para os pontos de calibração de 30kgf/cm^2 , 45kgf/cm^2 , 75kgf/cm^2 foi aprovado o critério, ou seja, por ambos os métodos podem-se constatar a validação dos resultados encontrados (Quadro 1). Com isso, os modelos e metodologias apresentadas são eficazes para a identificação das incertezas. Vale ressaltar, que cada método tem sua particularidade, e sua aplicabilidade depende das ferramentas e técnicas que se pretende utilizar para a execução dessa análise.

CONCLUSÃO

Este artigo apresentou uma sistemática combinando o Guia para Expressão de Incerteza de Medição (GUM) e o método de Monte Carlo (SMC), para a análise de incertezas de medições em uma bancada de calibração de manômetro. Toda a modelagem

matemática foi trabalhada no RStudio, em conjunto com a Uncertainty Machine, ambos codificados em linguagem R.

Para verificar as incertezas do material calibrado, como primeiro passo foi realizada a coleta de dados e estruturação do processo para a análise das incertezas no instrumento. A segunda etapa consistiu em analisar as incertezas, e posteriormente calculá-las com base no guia proposto, aplicando corretamente uma Função Densidade Probabilidade (FDP) em cada uma delas. Na sequência, foram feitas cem mil simulações com base nas incertezas tipo A e B encontradas, visando encontrar os intervalos de confiança para determinar a incerteza expandida U por SMC. Por fim, os resultados apurados por ambos os métodos, passaram por um critério de aprovação, comprovando a confiabilidade e qualidade dos resultados da calibração do instrumento.

Os valores encontrados no Quadro 3 exemplificaram os métodos empregados nesta pesquisa. Os resultados da incerteza expandida pela Simulação de Monte Carlo apresentaram os respectivos valores: 0,395656, 0,5655435 e 0,566464, contribuindo para um bom critério de aprovação, como demonstrado no Quadro 5. As incertezas expandidas do método GUM apesar de apresentar valores maiores, não desqualifica o método e a torna menos eficiente, pelo contrário, sua aplicação para a calibração do manômetro apresentou resultados esperados, com os seguintes valores:

0,570711076, 0,6394759 ,0,6284987, também estando nos conformes do critério de aprovação.

Por fim, o uso da linguagem em R em conjunto com a calculada NIST foi essencial para o artigo, recomenda-se para desdobramentos futuros, a utilização da mesma ferramenta para criação do algoritmo e de suporte para a simulação, de modo a vim contribuir com novos resultados.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Ana Carolina Almeida, et al. **Propagação de incertezas: um experimento acadêmico simples**. The Journal of Engineering and Exact Sciences, 2017, 3.3: 358-368.

BALLICO, M. (2000). **Limitations of the Welch-Satterthwaite approximation for measurement uncertainty calculations**. Metrologia 37(1): 61-64.

BARDUCCI, Guilherme Santelli, et al. **Análise de dimensional e rugosidade dos materiais com instrumentos metrológicos**. Revista Engenharia em Ação. UniToledo, 2018, 3.2.

CORAL, R. **Propagação de Incertezas de Medição através de Redes Neurais Artificiais utilizando o Método de Monte Carlo**. Revista Eletrônica Técnico Científica do IFSC, v.2, n.7(2018).

COX, M.G. et al. **Use of Monte Carlo Simulation for Uncertainty Evaluation in Metrology**. In: **Advanced Mathematical & Computational Tools in Metrology V**. Singapore: World Scientific Publishing, 2001.

DONATELLI, G. DANIEL; KONRATH, Andrea Cristina. **Simulação de Monte Carlo na avaliação de incertezas de medição**. 2005.

GILBERTO, C. Fidélis. (2013). **Como somar a tendência com a Incerteza de medição**. Centro de educação, Consultoria e treinamento – CECT, Florianópolis – SC. Disponível em: encurtador.com.br/gjtxW. Acesso em: 28/08/2021.

GUIDE TO THE EXPRESSION OF UNCERTAINTY IN MEASUREMENTUM = **Guia para Expressão de Incertezas de Medições (GUM)**. 3. ed. brasileira. Rio de Janeiro: Inmetro, ABNT, 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **VIM- Vocabulário Internacional de Metrologia- Conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM 2012)**.

LIU, Z. (2005). **Higher order corrections to the Welch-Satterthwaite fórmula**. *Metrologia* 42(5): 449-457

MANFREDO, H. Tabacniks. (2011). **Conceitos Básicos da Teoria de Erros**. Instituto de Física -USP. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br>. Acesso em: 08/11/2021.

MARCO, Campetti, MICHEL J. Anzanello, e Guilherme V. Etcheverry. 2014. **Programação De produção via seleção de variáveis e simulação De Monte Carlo**. *Revista Produção Online* 14 (2):764-88. Disponível em: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v14i2.1603>. Acesso em 07/03/2022.

NOGUEIRA, Raquel, et al. **Development studies of a new metronidazole certified reference material**. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 2012, 23.3: 435-444.

PAISAN, P. Yoel; MORET, P. Juan (2008). **Determinación de la incertidumbre por el método de Monte Carlo em los procesos de manufactura**. Tecnología Química, XXVIII (3),56-62. ISSN:0041-8420.

PAULO R.G. COUTO, s.d. **Metodologia para comparação dos resultados calibrações de padrões digitais de pressão e estimativa**. Congresso Latino Americano de metrologia, 5., 2007 Curitiba.

SOUSA, G.G., & JUNIOR, L.S.. **Aplicação da simulação de monte carlo no cálculo de incerteza de de medição**. Revista Extensão em Ação, Fortaleza, v.1, n.10, Jan/jun. 2016.

ZAPATA, CARLOS J.; PIÑEROS, LUIS C.; CASTAÑO, DIEGO A. **El método de simulación de Montecarlo en estudios de confiabilidad de sistemas de distribución eléctrica**. Scientia Et Technica, v.10, n. 24, p. 55-60 Maio, 2004.

DESENVOLVIMENTO DE SOLUÇÕES DE OPERAÇÃO PARA IA-RSCA EM MCF-EONs.

Antonio Fernando Lavareda Jacob Junior¹

Gustavo Soares Silva²

Fabrcio Rossy de Lima Lobato³

INTRODUÇÃO

Muito se tem observado, recentemente, acerca da vertiginosa evolução tecnol3gica e o avanço que novas tecnologias da informaço e comunicaço (TICs) t3m trazido para o mundo moderno, bem como a necessidade de estar conectado, e com ela a imprescindibilidade de comunicaço de alta capacidade devido ao aumento de tráfego.

A necessidade de acompanhar essa crescente demanda por aumento de tráfego, fez com que as redes *Wavelength-Division Multiplexing* (WDM) evoluíssem para as *Elastic Optical Network* (EON), que foram propostas para melhorar o desempenho da rede de forma adaptativa à distância e economizando recursos, ou seja, são mais eficientes que as anteriores.

O conceito de flexibilidade foi introduzido no espectro para expandir a capacidade e reduzir o desperdício de recursos na fibra óptica monomodo (SMF). Essa capacidade faz com que as redes lidem melhor com demandas de tráfego que variam entre

¹ Professor do Departamento de Engenharia da Computação da Universidade Estadual do Maranhão, Orientador PIBIC/FAPEMA/UEMA.

² Graduando do curso de Engenharia da Computação da Universidade Estadual do Maranhão; Bolsista FAPEMA/UEMA.

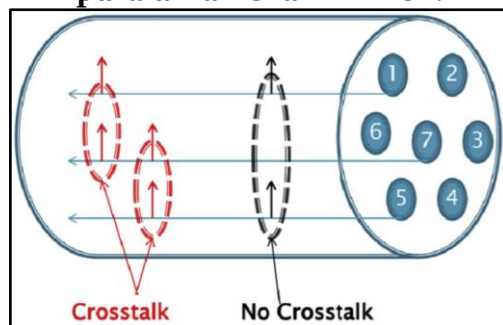
³ Professor da Faculdade de Engenharia da Computação e Telecomunicações da Universidade Federal do Pará, Colaborador.

comprimentos de onda e supercanais, por exemplo. Vários experimentos demonstram a efetividade das EONs, como apresentado em (HAYASHI *et al.*, 2011). No entanto, mesmo com sua ascensão, a demanda por largura de banda ainda era um problema. Então considerou-se a Multiplexação por Divisão de Espaço (SDM).

No SDM, a fibra multinúcleo (MCF) fracamente acoplada é uma das soluções mais investigadas para realizar essa expansão de capacidade. Porém, esse tipo de fibra sofre o efeito da diafonia internúcleo (XT), conforme ilustrado na Figura 1.

Este problema ocorre quando sinais ópticos, propagados em núcleos adjacentes, são transmitidos em faixas de frequência de espectro sobrepostas (LOBATO *et al.*, 2019a).

Figura 1: Representação da diafonia internúcleo (*Crosstalk*) para uma fibra FM-MCF.



Fonte: (OLIVEIRA; DA FONSECA, 2019)

Partindo desse problema, diversas soluções de alocação de recursos foram propostas tanto no projeto da estrutura das MCFs

quanto na alocação de recursos em MCF-EONs para amenizar – ou até mesmo eliminar – o efeito da diafonia.

A nível de rede, o problema de roteamento de espectro de núcleo (RSCA), atendendo às limitações físicas (IA) – IA-RSCA – é um dos principais desafios para as redes ópticas elásticas em fibras multinúcleo (LOBATO *et al.*, 2019a). Portanto, pretende-se propor e implementar novas estratégias de planejamento para resolução desse problema através do ambiente de Simulação de Redes Ópticas Elásticas (SimROEL) visando a minimização dos efeitos da diafonia internúcleo entre os sinais propagantes.

REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com o que apresentam (IGARASHI *et al.*, 2014; LUIS *et al.*, 2016), uma das MCFs mais promissoras é a fracamente acoplada. Sabe-se também que, nos últimos anos, a supressão do XT tem sido a principal preocupação em MCF. Porém, o ponto positivo de usar essa variação de fibra surge para capacidades elevadas, requerendo alta eficiência espectral devido a limitação no número de núcleos resultante do XT entre eles (HAYASHI *et al.*, 2011; LUIS *et al.*, 2016). Por esse motivo, diversas pesquisas retratam a caracterização e anulação da XT em MCF fracamente acopladas. A realização dessa etapa não só permitiria altas capacidades, como também transmissão em longas distâncias (HAYASHI *et al.*, 2011).

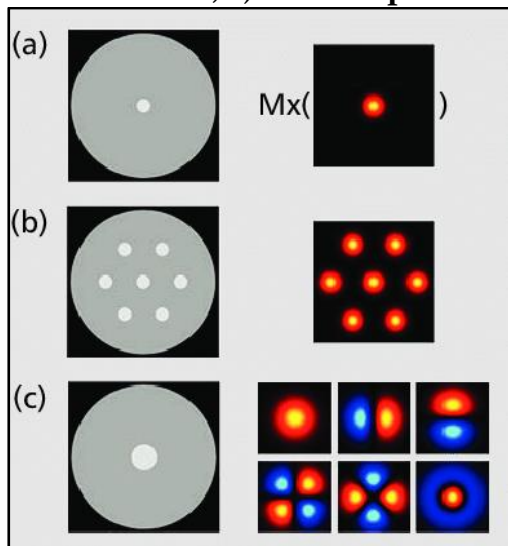
A nível de rede, o principal desafio de pesquisa em MCF-EONs é a atribuição de núcleo e espectro levando em conta as limitações da camada física (IA-RSCA). Quando a XT é considerada como restrição, há três (3) principais abordagens referenciadas na bibliografia:

- I. *XT-Avoid*: evita a sobreposição dos slots de frequência entre núcleos adjacentes (YANG; ZHANG; WU, 2018);
- II. *XT-Aware*: método usado neste projeto. Calcula o nível da XT dependendo da interferência de um núcleo com seus adjacentes que compartilham o mesmo slot de frequência e enlace (YANG; ZHANG; WU, 2018);
- III. *XT-WC (Crosstalk Worst-Case)*: considera um cenário com pior interferência causada pelo XT (PERELLÓ *et al.*, 2016).

Com isso, tanto a *XT-Avoid* quanto a *XT-WC* podem simplificar o RSCA e reduzir significativamente a complexidade do problema. Contudo, a abordagem *XT-Aware* previne o uso do mesmo slot de frequência em núcleos adjacentes da fibra, apresentando melhor desempenho (YANG; ZHANG; WU, 2018).

No entanto, a literatura indica mais de um tipo de fibra óptica no contexto da multiplexação por divisão de espaço (ilustrados na Figura 2).

Figura 2: Visualização geométrica e espacial dos principais tipos de fibra óptica no contexto da SDM: a) fibra monomodo; b) fibra multinúcleo; c) fibra de poucos modos.



Fonte: (MAROM; BLAU, 2015)

É importante salientar as diferenças físicas para analisar não só a diafonia como também as possíveis soluções para o problema. Neste contexto, os tipos de fibra são detalhados a seguir:

- **Fibra monomodo (SMF):** As redes ópticas são fundamentalmente baseadas na onipresença desse tipo de fibra (MAROM; BLAU, 2015), feita para projetar apenas um modo de luz. As SMFs, bem como as fibras multimodos (MMF) são amplamente usadas. Na literatura há uma grande variedade de comparações entre elas, como em (JOHN, 2021).

- **Fibra multinúcleo (MCF):** Essa fibra é formada pela alocação de vários núcleos dentro de um único revestimento de fibra, com cada núcleo funcionando como uma SMF (LOBATO *et al.*, 2019a; MAROM; BLAU, 2015), oferecendo um multiplicador de contagem referente à quantidade de núcleos (MAROM; BLAU, 2015).
- **Fibra de poucos modos:** É um tipo de MMF que permite a propagação de alguns modos independentes dentro de um único núcleo, com o número de modos suportados por fibra depende do seu diâmetro e índice de refração da fibra. Esse tipo de fibra é comumente aplicado em altas distâncias de transmissão (LOBATO *et al.*, 2019a).

METODOLOGIA

Para que se possa alcançar os objetivos propostos, a metodologia empregada neste projeto será de caráter investigativo e qualitativo. Antes de tudo, será realizada a revisão bibliográfica acerca do problema IA-RSCA, bem como os impactos da camada física sobre a qualidade de transmissão, a fim de esclarecer os efeitos em um cenário de redes MCF-EON envolvidas nesse estudo para o melhor planejamento da solução.

A pesquisa também engloba as técnicas computacionais avançadas utilizadas no problema de operação em MCF-EONs, como também modelos de tráfego e suas implementações, utilizados como a demanda de recurso para o problema de atribuição de núcleo e espectro com base nas limitações físicas. Por fim, a metodologia de provisionamento dinâmico de recursos utilizando o algoritmo guloso *XT-Aware*.

Para a avaliação e testes, foram utilizadas propriedades do cenário *National Science Foundation* (NSFNET-14). No geral, foram 10 simulações paralelas, com 100.000 conexões para uma MCF com sete (7) núcleos. A largura de banda de 4 THz com o tipo de conexão de tráfego de 120 Gb/s para os seguintes formatos de modulação: 64-QAM, 32-QAM, 16-QAM, 8-QAM e 4-QAM; *K-shortest path* para a computação das rotas e *first fit* para a alocação de núcleo e espectro. Os limites da OSNR requerida consideraram a BER 2.7.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ferramentas de Desenvolvimento

Nesse trabalho, utiliza-se um *Discret Event Simulator* (DES), ou seja, um simulador de eventos discretos baseado na linguagem de programação Java: o Simulador de Redes Ópticas Elásticas com múltiplos núcleos (SimROEI), elaborado e registrado pela Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) e Universidade Estadual do Pará

(UFPA) para o estudo de diversos algoritmos ou modelos para solução do problema IA-RSCA em redes MCF-EONs – não se limitando somente à esse problema.

O emprego dessa linguagem de programação possibilita, sobretudo, a portabilidade do projeto, visto que pode ser executado em qualquer plataforma que possua a Máquina Virtual Java (JVM).

O Ambiente de Integrado de Desenvolvimento (IDE) escolhido para o desenvolvimento do projeto foi o NetBeans. O software oferece suporte para as tecnologias e melhorias de especificação Java mais recentes, bem como uma extensa linha de modelos, ferramentas e exemplos em constante aprimoramento (FIGUEIREDO, [s.d.]). A plataforma também dispõe de diferentes visualizações de dados de várias janelas do projeto, sendo uma ótima ferramenta para configurar e gerenciar aplicações com mais eficiência (NETBEANS, [s.d.]).

A metodologia sugerida para este trabalho para a resolução do problema dinâmico de roteamento e atribuição de núcleo e espectro levando em consideração as limitações da camada física partem de duas abordagens: i) resolver o problema do roteamento; ii) resolver o problema de atribuição de núcleo e espectro. Como solução para o item i), fez-se a verificação dos níveis de relação sinal-ruído (OSNR) para os caminhos retornados pelo algoritmo *K-shortest path*. Para o segundo problema, a abordagem do algoritmo guloso *XT-Aware* foi a

mais eficiente em relação a desempenho em uma SDM-EON (LOBATO *et al.*, 2019a).

Discussão do Projeto

O processo introdutório do projeto foi baseado em várias reuniões de alinhamento de ideias e explicação do conteúdo. No primeiro momento, foi realizada uma revisão geral da tese (LOBATO *et al.*, 2019a). O enfoque foi nos capítulos que tratavam da rede e camada física, a começar pelas restrições de roteamento: continuidade e contiguidade. A primeira reunião também teve espaço para falar sobre conceitos-base importantes, como o de slots, amplificação e degradação do sinal óptico, *spans*, largura de banda, banda de guarda (GB) e formatos de modulação, por exemplo, e sobre a diafonia internúcleo (XT) e os efeitos que ela traz para a transmissão. Consequentemente, definições como relação sinal-ruído óptica (OSNR), taxa de erro de bit (BER) e relação sinal-ruído (SNR) vieram à tona, já que servem como base para a análise da XT. As propostas de alteração futuras também foram elucidadas nessa etapa: modificar o algoritmo guloso para retornar a maior ou menor diferença de XT, indicando a melhor solução para uma determinada rota.

O segundo encontro teve como pauta classes importantes no simulador, tais como: PCE e PCEP, *Properties*, *Simulator* e todo o

cálculo da OSNR e XT. Explicações que deram início ao estudo do código envolvido no projeto.

Com o feedback anterior, a terceira reunião teve como princípio a explicação completa da tese englobando toda a modelagem matemática e lógica envolvidas no trabalho. O propósito geral foi detalhar todo o fundamento do projeto, para que não houvesse dúvidas em como os processos ocorrem, servindo de início para as alterações do algoritmo guloso propostas na primeira reunião.

Devido à complexidade do projeto, analisar e entender de forma assertiva os resultados gerados pelo simulador foi uma tarefa árdua. Por esse motivo, outras reuniões se sucederam ao decorrer dos meses com o mesmo caráter da terceira.

Heurísticas de Alocação de Slots

As heurísticas de alocação servem para ampliar o estudo dos efeitos da XT na rede, bem como projetar melhorias para o problema, e são aplicadas na avaliação do método guloso para a seleção do par core-slot minimizando o efeito da XT na SDM-EONs de maneira global.

A métrica inicial do algoritmo considerava a maior média entre a nova conexão requerida e as conexões estabelecidas na rede, na qual a maior média é escolhida para representar a melhor solução.

No entanto, a avaliação pela média pode apresentar uma variação muito grande entre o limite de XT suportado e o XT calculado para cada conexão, que pode não ser evidenciado pela escolha da média. Por isso, é necessário a comparação utilizando a maior ou menor diferença de XT como parâmetro para o algoritmo guloso.

Dessa forma, dois novos procedimentos foram adicionados à lista a fim de reduzir a probabilidade de bloqueio por diafonia e oferecer uma comparação complementar à análise desse efeito: maior ou menor diferenças. O entendimento é semelhante ao da maior média, comparando apenas as diferenças no caso atual.

Esses modelos refletem os níveis críticos da XT pois representam a maior ou a menor distância entre a potência reduzida da XT o limite de bloqueio, ou seja, a região mais distante ou mais próxima que a diafonia está antes de apresentar efeitos reais de degradação do sinal.

Algoritmo Guloso

A aplicação do método guloso através do *XT Aware* segue a seguinte ordem, apresentada na Figura 3.

Figura 3: Método guloso aplicado para a seleção do par core-slot usando a métrica de maior e menor diferença.

| | |
|--|---|
| Procedimento 1 Algoritmo Guloso XT-Aware (maior e menor diferença) | |
| Entrada: C, F . | |
| Saída: Solução final ($FS\#, Core\#$) para a rota selecionada. | |
| Variáveis | |
| C - conjunto de núcleos, F -conjunto de <i>slots</i> de frequência, | |
| $c \in C$ - núcleo em um enlace de fibra, $f \in F$ - <i>slots</i> de frequência em um núcleo, | |
| $XT_{\mu,nova}^{(tot)}$ - potência média da XT normalizada induzida na nova conexão, | |
| $XT_{\mu,j}^{(tot)}$ - potência média da XT normalizada induzida na nova conexão interferente (j 's). | |
| 1▶ | para todas as soluções (c, f) que respeitem as duas restrições na rota selecionada faça |
| 2▶ | Compute a $XT_{\mu,nova}^{(tot)}$ |
| 3▶ | se $XT_{\mu,nova}^{(tot)} \neq 0$ então |
| 4▶ | se $XT_{\mu,nova}^{(tot)} \leq$ limite de $XT_{\mu,nova}^{(tot)}$ então |
| 5▶ | Atualize o nível de XT para todas as conexões interferentes (j 's) |
| 6▶ | se $XT_{\mu,j}^{(tot)} \leq$ limite de $XT_{\mu,j}^{(tot)}$ então |
| 7▶ | Compute $\overline{\Delta XT}$ |
| 8▶ | Guloso (solução anterior $\overline{\Delta XT}$, solução atual $\overline{\Delta XT}$) |
| 9▶ | A solução com maior/menor $\overline{\Delta XT}$ é a candidata para a nova conexão |
| 10▶ | senão (c, f) é rejeitada |
| 11▶ | fim se |
| 12▶ | senão (c, f) é rejeitada |
| 13▶ | fim se |
| 14▶ | senão $\overline{\Delta XT}$ da solução (c, f) é a maior/menor e retorna como solução final ($FS\#, Core\#$) |
| 15▶ | fim se |
| 16▶ | fim para |
| | retorne solução final ($FS\#, Core\#$) para a rota selecionada |

Fonte: Autor, 2022

Em suma, a Figura 3 traz o procedimento de seleção do melhor par core-slot para uma rota de acordo com a métrica escolhida (maior ou menor diferença) para avaliação. Em primeiro momento, o algoritmo percorre todas as soluções candidatas – escolhidas pela avaliação das restrições de continuidade e contiguidade – testando-as para a conexão atual (linha 1). Após o primeiro passo, o nível da

XT é calculado (linha 2). Verifica-se então se há conexões adjacentes (linha 3), em caso negativo, esta já é considerada a solução ideal (linha 12) pois não existem outras conexões interferindo, ou seja, $XT = 0$. Para soluções com conexões adjacentes, é realizada a validação da potência da XT , verificando se ela é menor/igual ao nível limite da XT (linha 4). Se for, a solução é rejeitada (linha 11), se não, a potência da diafonia de todas as conexões adjacentes é atualizada (linha 5).

Outra validação semelhante à realizada na linha 4 é realizada na linha 6, sendo bloqueada (linha 10) caso negativo. Com isso, o passo final é de fato a autenticação da solução através do guloso, que compara a potência da solução atual com a anterior (linha 8). O algoritmo vai se comportar mediante a heurística escolhida no item anterior: para a maior diferença, o menor valor da comparação na linha 8 será a melhor solução; para a menor diferença, o maior será a solução ideal. Dessa maneira, a solução ideal de core-slot é alocada para uma determinada rota (linha 14).

Aplicação dos Métodos

As simulações seguiram o cenário para taxas de conexões de 120Gb/s, com coeficiente de acoplamento k de $1.2 \times 10^{-2}m^{-1}$, que representa, para a simulação, maior impacto da XT e menor fragmentação no espectro.

À priori, a avaliação da tolerância de erro para a $OSNR$ e XT seguiram as métricas da BER 2.7 SD-FEC presente em (LOBATO *et*

al., 2019b). Para os parâmetros de camada física, o simulador segue as seguintes definições:

Tabela 1: Parâmetros da camada física.

| Parâmetro | Valor | Definição |
|-----------|------------------------------------|--|
| k | 3 | Número de rotas candidatas |
| B_{av} | 4 THz | Largura de banda total por núcleo |
| B_s | 12,5 GHz | Largura de banda do <i>slot</i> |
| B_{ref} | 12,5 GHz | Largura de banda de referências |
| P_{sc} | 0,3 mW | Potência do sinal da subportadora |
| N_{GB} | 1 | Número de <i>slots</i> de GB por conexão |
| f_n | 3,16 | Figura de ruído do amplificador |
| α | 0,2 dB/km | Coefficiente de perda na fibra |
| L_{no} | 16 dB | Perda no nó óptico |
| d_{amp} | 80 km | Distância entre os amplificadores |
| λ | 1550 nm | Comprimento de onda |
| β | 10^7 1/m | Constante de propagação |
| R | 0,01 m | Raio de curvatura |
| k | $1,2 \times 10^{-2} \text{m}^{-1}$ | Coefficiente de acoplamento |
| Λ | $4,5 \times 10^{-5}$ m | Distância entre os núcleos |

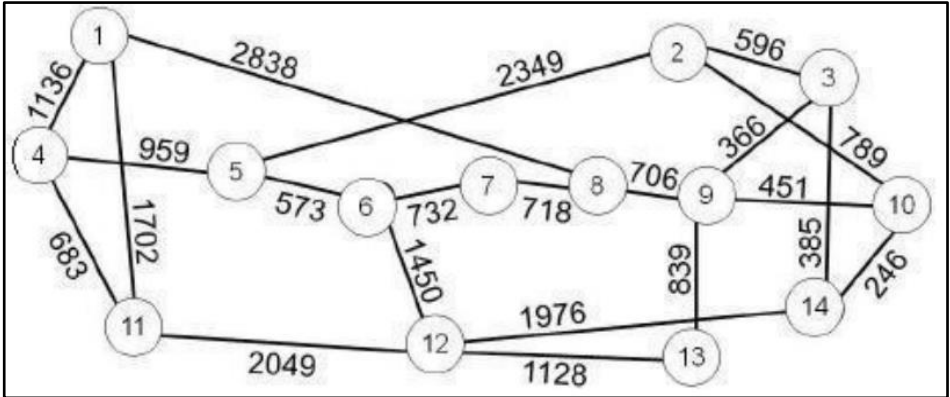
Fonte: (LOBATO et al., 2019a)

Por fim, a topologia utilizada para a análise foi a *National Science Foundation* (NSFNET-14) que conta com 14 nós e 36 enlaces

unidirecionais apresentados (em km), conforme observado na Figura

4.

Figura 4: Topologia NSFNET-14.



Fonte: (LOBATO *et al.*, 2019a)

Dos três modelos analisados, os dois propostos neste artigo desempenharam soluções ligeiramente melhores nas simulações.

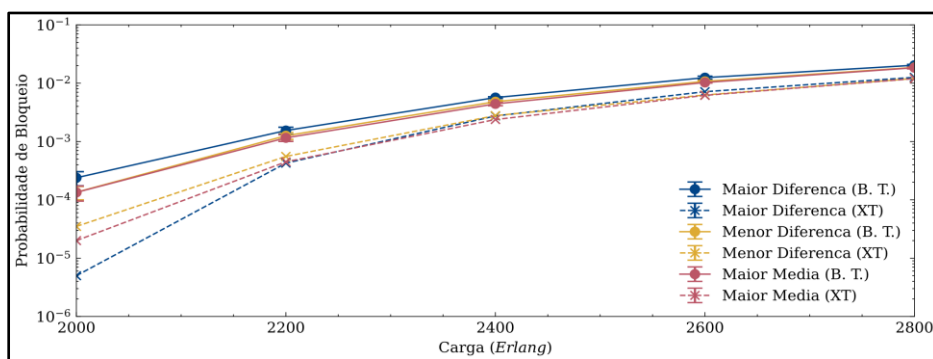
Tabela 2: Probabilidades de bloqueio para as heurísticas.

| Carga Erlang | Maior Diferença | | Menor Diferença | | Maior Média | |
|--------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | Total | XT | Total | XT | Total | XT |
| 2.000 | 2,39 $\times 10^{-4}$ | 5,00 $\times 10^{-6}$ | 1,35 $\times 10^{-4}$ | 3,50 $\times 10^{-5}$ | 1,34 $\times 10^{-4}$ | 2,00 $\times 10^{-5}$ |
| 2.200 | 1,54 $\times 10^{-3}$ | 4,26 $\times 10^{-4}$ | 1,26 $\times 10^{-3}$ | 5,55 $\times 10^{-4}$ | 1,16 $\times 10^{-3}$ | 4,48 $\times 10^{-4}$ |
| 2.400 | 5,67 $\times 10^{-3}$ | 2,74 $\times 10^{-3}$ | 4,82 $\times 10^{-3}$ | 2,78 $\times 10^{-3}$ | 4,42 $\times 10^{-3}$ | 2,38 $\times 10^{-3}$ |
| 2.600 | 1,24 $\times 10^{-2}$ | 7,15 $\times 10^{-3}$ | 1,07 $\times 10^{-2}$ | 6,27 $\times 10^{-3}$ | 1,03 $\times 10^{-2}$ | 6,18 $\times 10^{-3}$ |
| 2.800 | 2,03 $\times 10^{-2}$ | 1,26 $\times 10^{-2}$ | 1,86 $\times 10^{-2}$ | 1,20 $\times 10^{-2}$ | 1,84 $\times 10^{-2}$ | 1,20 $\times 10^{-2}$ |

Fonte: Autor, 2021.

De acordo com a Tabela 2, é possível perceber que os valores não apresentaram uma diferença tão grande uns dos outros, mas ainda apresentam melhorias em relação ao modelo já implementado no SimROEl (maior média), principalmente quando se trata de modelos muito complexos para uma enorme quantidade de conexões.

Figura 5: Resultados das heurísticas.



Fonte: Autor (2021).

A Figura 5, mostra a probabilidade de bloqueio total (linha contínua) e a probabilidade de bloqueio por XT (linha seccionada) para cenário considerando SD-FEC (BER 2.7) com conexões de 120Gb/s. Os resultados mostram que as duas propostas performaram soluções ligeiramente melhores em relação às probabilidades de bloqueio da maior média.

Devido ao extenso comprimento dos enlaces dessa topologia, o uso do HD-FEC extrapola o limiar aceitável para a probabilidade de

bloqueio $(0,1)$ e a OSNR é o fator que mais vai interferir no bloqueio total. Com isso, a estratégia de menor diferença foi a única que teve ganho em relação a maior média, diminuindo aproximadamente 20% da probabilidade total. Para o XT, a estratégia da maior diferença minimiza a probabilidade, em média, de 18% e 9% em relação a menor diferença e maior média, respectivamente. A resposta positiva simboliza um novo passo para a avaliação de redes ópticas elásticas atualmente, visto que a maior média já é melhor que diversas soluções encontradas na literatura.

Os novos algoritmos gulosos *XT-Aware* com a maior e menor diferença também apresentaram diminuição da complexidade do simulador, visto que, quando as soluções ideais eram encontradas, o programa não percorria mais os demais núcleos da rede, evitando cálculos e procedimentos desnecessários. Por outro lado, mesmo com a aplicação de uma metodologia concorrente, a quantidade de tempo e recurso para a simulação dos cenários ainda é um problema.

CONCLUSÕES

O objetivo do presente trabalho é estudar as diferentes estratégias de alocação de núcleo e slots tendo como parâmetro do guloso *XT-Aware* a maior ou menor diferença entre o limite de XT suportado e o calculado para a conexão a fim de avaliar o impacto que a XT tem na rede, bem como complementar a comparação dos resultados do algoritmo guloso *XT-Aware* que utiliza a maior média.

Foram estudados, então, os modelos de maior ou menor diferença, pois representam os pontos críticos da análise, onde a rede está mais longe e mais próxima de sofrer atenuação pela XT, respectivamente. As novas heurísticas foram implementadas no Simulador de Redes Ópticas Elásticas (SimROEI) na linguagem Java, baseadas no algoritmo guloso *XT-Aware*.

Através das comparações dos resultados foi possível ver a melhora na atribuição de core e slot das duas novas metodologias, bem como a otimização da complexidade que cada modelo levou para retornar uma solução, representando um novo passo para a avaliação da atribuição de núcleo e espectro em Redes Ópticas Elásticas no contexto atual. De modo geral, o trabalho supriu as exigências dos objetivos definidos.

As dificuldades encontradas durante o estudo e análise dos modelos partiu da complexidade que o simulador apresenta. Diversas variáveis precisaram ser entendidas durante o processo para representar de forma mais próxima possível uma situação real de atribuição de core-slot para determinada topologia de rede.

REFERÊNCIAS

AYASHI, T. *et al.* Design and fabrication of ultra-low crosstalk and low-loss multi-core fiber. **Optics Express**, v. 19, n. 17, p. 16576–16592, 15 ago. 2011.

FIGUEIREDO, T. **Aula 03 de Programação Orientada a Objetos.** Disponível em:

<<https://pt.scribd.com/presentation/468489267/POO-03>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

IGARASHI, K. *et al.* Super-Nyquist-WDM transmission over 7,326-km seven-core fiber with capacity-distance product of 103 Exabit/s.km. **Optics Express**, v. 22, n. 2, p. 1220–1228, 27 jan. 2014.

JOHN. **Fiber Optic Cable Types: Single Mode vs Multimode Fiber Cable.** Disponível em: <<https://community.fs.com/blog/single-mode-cabling-cost-vs-multimode-cabling-cost.html>>. Acesso em: 19 ago. 2021.

LOBATO, F. R. L. *et al.* **Impact of HD- and SD-FEC on the Inter-Core Crosstalk Limitations in Elastic Optical Networks Using Multi-Core Fibers.** 2019 SBMO/IEEE MTT-S International Microwave and Optoelectronics Conference (IMOC). **Anais...IEEE**, 10 nov. 2019b.

LOBATO, F. R. L. *et al.* Inter-core crosstalk aware greedy algorithm for spectrum and core assignment in space division multiplexed elastic optical networks. **Optical Switching and Networking**, v. 33, p. 61–73, jul. 2019a.

LUIS, R. S. *et al.* Time and Modulation Frequency Dependence of Crosstalk in Homogeneous Multi-Core Fibers. **Journal of Lightwave Technology**, v. 34, n. 2, p. 441–447, 15 jan. 2016.

MAROM, D. M.; BLAU, M. Switching solutions for WDM-SDM optical networks. **IEEE Communications Magazine**, v. 53, n. 2, p. 60–68, fev. 2015.

NETBEANS. **NetBeans IDE - A Forma Mais Inteligente e Rápida de Codificar.** Disponível em: <[https://netbeans.org/features/index_pt_BR.html#:~:text=O%2oNetBeans%2oIDE%](https://netbeans.org/features/index_pt_BR.html#:~:text=O%2oNetBeans%2oIDE%2)>. Acesso em: 23 fev. 2021.

OLIVEIRA, H. M. N. S.; DA FONSECA, N. L. S. Routing, spectrum and core assignment algorithms for protection of space division multiplexing elastic optical networks. **Journal of Network and Computer Applications**, v. 128, p. 78–89, fev. 2019.

PERELLÓ, J. *et al.* Flex-Grid/SDM Backbone Network Design with Inter-Core XT-Limited Transmission Reach. **Journal of Optical Communications and Networking**, v. 8, n. 8, p. 540–552, 1 ago. 2016.

YANG, M.; ZHANG, Y.; WU, Q. Routing, Spectrum, and Core Assignment in SDM-EONs With MCF: Node-Arc ILP/MILP Methods and an Efficient XT-Aware Heuristic Algorithm. **Journal of Optical Communications and Networking**, v. 10, n. 3, p. 195–208, 1 mar. 2018.

IDENTIFICAÇÃO DE INDICADORES PARA USO EM PEQUENAS EMPRESAS DO ESTADO DO MARANHÃO

Marilene Rodrigues Martins¹

Rossane Cardoso Carvalho²

Andréa Patrícia Castro Leite³

INTRODUÇÃO

Os indicadores de sustentabilidade passaram a compor instrumentos importantes no contexto das organizações, inclusive em empresas de médio e pequeno porte. Já há um entendimento de razoável consenso que monitorar indicadores de sustentabilidade em empresas de pequeno e médio porte tem potencial para gerar um importante relatório que subsidie a tomada de decisão, representando vantagem competitiva para essas empresas.

Além disso, de acordo com dados do Sistema Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE, 2018), o Brasil conta com 6,4 milhões de estabelecimentos empresariais, dos quais 99% são micro e pequenas empresas (MPEs), que respondem por 16,1 milhões de empregos com carteira assinada no setor privado, ou seja, 52% do total. Dessa forma, fica evidenciado, em território brasileiro, a representatividade econômica dessas empresas.

Contudo, para microempresas, mensurar seu nível de sustentabilidade é uma tarefa difícil, tendo em vista que os métodos existentes na literatura são poucos direcionados a elas, e estas não

¹ Bolsista PIBIC/FAPEMA. Graduanda em Engenharia de Produção/UEMA

² Docente do Departamento de Engenharia de Produção. CCT/UEMA.

³ Docente do Departamento de Engenharia de Produção. CCT/UEMA.

dispõem de informações e dados ambientais adequados para responder os questionários propostos pelas metodologias existentes (SANTOS et al., 2019).

Desta forma, o presente estudo buscou identificar e levantar a viabilidade de um conjunto de indicadores de sustentabilidade aplicáveis a empresas de pequeno porte no estado do Maranhão, notadamente empresas da cadeia produtiva de gesso, no município maranhense de Grajaú.

REFERENCIAL TEÓRICO

As bases teóricas que sustentam esta pesquisa foram abordadas desde aspectos mais gerais até os mais específicos, como em um mergulho teórico que abre as perspectivas mais operacionais que se deseja dar ao trabalho. Dessa forma, nesta seção abordam-se o histórico e o conceito de desenvolvimento sustentável, de indicadores e índices de sustentabilidade.

Desenvolvimento Sustentável

Segundo Curi (2011), a discussão sobre os efeitos da poluição e os problemas socioambientais começaram a partir da mudança no modelo de produção propiciado pela Revolução Industrial. Contudo, a atenuação dos problemas ambientais surgiu após a Segunda Guerra Mundial, os quais já não se limitavam apenas às fronteiras nacionais. (BARBIERI, 2020)

Dessa forma, Curi (2011) afirma que discussões acerca dos impactos causados ao meio ambiente tornaram-se indispensáveis no âmbito das Nações Unidas e que a Conferência de Estocolmo foi um divisor nessas questões ambientais, sendo possível dividir a evolução desse debate em antes e depois da referida Conferência.

Em abril de 1987, a Comissão Mundial sobre Desenvolvimento e Meio Ambiente (CMDMA), publicou o *Relatório Brundtland*, conhecido também como “Nosso futuro comum” que traz a primeira, e umas das mais conhecidas definições para desenvolvimento sustentável, conceituando como “[...] aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades.” (CMDMA, 1991, p. 46)

Nesse sentido, segundo Barbieri:

O desenvolvimento sustentável resultaria, portanto, de um pacto duplo, um pacto intergeracional que se traduz na preocupação constante com o gerenciamento e a preservação dos recursos para as gerações futuras, e um pacto intrageracional que se expressa nas preocupações quanto ao atendimento às necessidades básicas de todos os humanos. (BARBIERE, 2006, p. 30)

Contudo, Barbieri (2020) afirma ainda que o processo do desenvolvimento deve ir além de satisfazer as necessidades básicas do homem, sendo necessário agregar também valores fundamentais como a liberdade de expressão e de participação na formação das bases da própria existência e de contribuir de algum modo na construção do mundo futuro.

Após o lançamento do conceito de desenvolvimento sustentável para o mundo, o ano de 1992 marca um ano importante nos debates, e é também o ano da realização da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, conhecida como Rio 92 onde, de acordo com Curi (2011) às questões ambientais ganharam visibilidade e fora adotado o desenvolvimento sustentável como resposta à exploração predatória.

Segundo Curi (2011) os resultados alcançados foram surpreendentes:

A Eco-92 conseguiu superar as divergências, lançando estratégias internacionais para proteger a natureza. A fim de monitorar de perto os avanços na área, a ONU criou a Comissão sobre Desenvolvimento Sustentável. Sua filiação ao Conselho Econômico e Social das Nações Unidas (Ecosoc), já permitia anteciper a vocação da nova comissão. Em vez de tratar o meio ambiente como um tema isolado, ela buscava dialogar com interesses de natureza social e econômica, dando conta da complexidade dos problemas ecológicos, a exemplo do que fizera anteriormente o Relatório Brundtland. (CURI, 2011, p.31)

Todavia, segundo Agostini (2008), ao longo dos anos, o que muda são os personagens, mas o tema a ser discutido continua sendo o desenvolvimento sustentável, mostrando que as ideias propostas e o comprometimento afirmado não se efetivam.

Indicadores

A palavra indicador advém do latim *indicare*, que significa apontar, anunciar, estimar (BOTELHO et. al, 2015). Indicadores, segundo o Portal do Ministério do Meio Ambiente (2012), “são

informações quantificadas, de cunho científico, de fácil compreensão usadas nos processos de decisão em todos os níveis da sociedade, úteis como ferramentas de avaliação de determinados fenômenos, apresentando suas tendências e progressos que se alteram ao longo do tempo”.

Um indicador pode ser mensurado de forma qualitativa e quantitativa, sendo representado por uma variável, assumindo um valor determinado em um tempo específico, indo além de uma mera estatística (GUIMARÃES e FEICHAS, 2009).

Índice e indicadores de sustentabilidade

O uso de indicadores de sustentabilidade experimentou forte impulso após a criação da Comissão de Desenvolvimento Sustentável, a qual é responsável por monitorar o progresso sustentável do planeta (BOTELHO, 2015).

De acordo com Guimarães e Feichas (2009), o uso de indicadores como instrumentos que viabilizem o desenvolvimento sustentável, pressupõe que esses devam:

... congregar características que permitam: mensurar diferentes dimensões de forma a apreender a complexidade dos fenômenos sociais; possibilitar a participação da sociedade no processo de definição do desenvolvimento; comunicar tendências, subsidiando o processo de tomada de decisões; e relacionar variáveis, já que a realidade não é linear nem unidimensional. (GUIMARÃES e FEICHAS, 2009, p.310)

A avaliação da sustentabilidade é feita, normalmente, a partir de três dimensões: ambiental, social e econômica, sendo estas

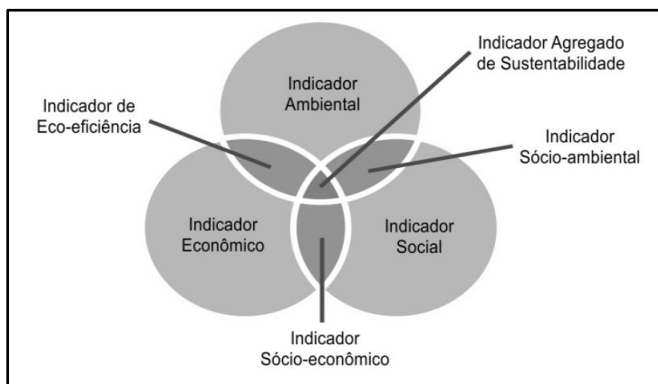
dimensões propostas por Elkington (2001), conhecidas como a abordagem do triple bottom line (TBL), a qual mede o desempenho das empresas além de um desenvolvimento econômico, ampliando dessa forma as perspectivas de avaliação das mesmas (LEITE et al., 2011).

Por meio da Figura 1, pode-se perceber que, quando as dimensões são avaliadas de forma separada, tem-se indicadores unidimensionais. A partir de dois indicadores unidimensionais obtêm-se indicadores bidimensionais. Contudo, o indicador agregado de sustentabilidade só é obtido quando há a integração das três dimensões (LEITE et al., 2011). Sendo assim, cada vez mais vem crescendo a importância de medir o quão uma organização é sustentável e, em paralelo, vem surgindo diversos modelos de medição (SATOLO e SIMON, 2015).

Do ponto de vista prático, alguns modelos são admitidos por Satolo e Simon (2015) como viáveis para medição de sustentabilidade como o Dow Jones Sustainability Index (DJSI), o Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE), Indicadores da Revista Amanhã e os Indicadores Ethos de Responsabilidade Sócio Empresarial.

Todavia, apesar de crescente os modelos de medição de sustentabilidade, ainda não há uma consolidação do modelo ideal, ou seja, ainda não há um modelo padrão a ser seguido, visto que não há um consenso do que medir e como medir (Satolo e Simon, 2015).

Figura 1 - Dimensões da sustentabilidade e tipos de indicadores de desempenho



Fonte: Sidkar (2003) apud Leite et al (2011)

Índice de Sustentabilidade Empresarial da B3

O Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE), surgiu por volta do ano 2000, com a união de esforços da hoje BM&FBOVESPA e outras instituições importantes. O Centro de Estudos em Sustentabilidade (GVces) da Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas (FGV-EAESP) fora o responsável pela metodologia a ser utilizada, a qual é baseada em um questionário, que avalia o desempenho sustentável das 200 ações mais negociadas da BM&FBOVESPA levando em consideração sete dimensões. (BM&FBOVESPA, 2015).

O ISE tem por objetivo refletir o retorno de uma carteira composta de ações de empresas com reconhecido comprometimento com o desenvolvimento sustentável, práticas e alinhamento estratégico com a sustentabilidade empresarial, destacando-as para investidores, além de atuar como indutor das boas

práticas no meio empresarial brasileiro.
(BM&FBOVESPA, 2015, p.5).

O questionário que compõe o ISE é composto por questões objetivas que aborda além das três dimensões do TBL, ambiental, social e econômica, outras quatro dimensões: geral, governança corporativa, mudança do clima e natureza do produto e estas são subdivididas em critérios de análise. (SCHEUERMANN, 2019).

Indicadores Ethos de Responsabilidade Social Empresarial

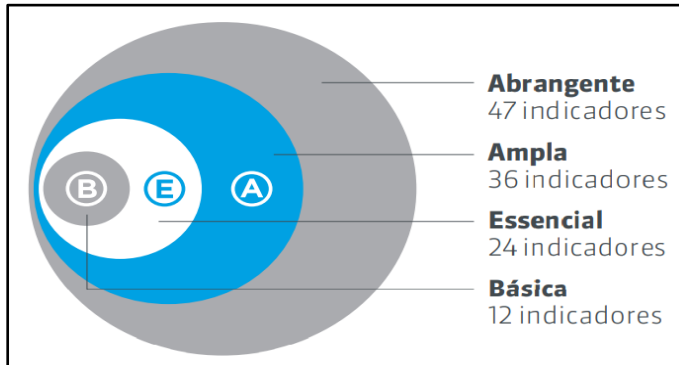
O Instituto ETHOS foi fundado no ano de 1998, e tem como objetivo ajudar empresas a gerir seus negócios de maneira socialmente responsável contribuindo assim para o alcance de uma sociedade mais justa e sustentável (ETHOS,2020). Para mensurar tal objetivo o instituto criou no ano 2005/2006 os Indicadores Ethos para Negócios Sustentáveis e Responsáveis, os quais visam:

...avaliar o quanto a sustentabilidade e a responsabilidade social têm sido incorporadas nos negócios, auxiliando na definição de estratégias, políticas e processos. Embora traga medidas de desempenho em sustentabilidade e responsabilidade social, esta ferramenta não se propõe a medir o desempenho das empresas nem reconhecer organizações como. (ETHOS, 2019, p.8)

O questionário de Indicadores Ethos possui uma flexibilidade, ou seja, a empresa pode selecionar os indicadores que façam sentido ao seu nível de maturidade na gestão da RSE/Sustentabilidade ou

aderir alguma das seleções sugeridas pelo Instituto demonstradas na Figura 2.

Figura 2 –Níveis de Maturidade RSE/Sustentabilidade



Fonte: ETHOS (2019)

Além disso, o questionário Ethos possui quatro dimensões, e estas por sua vez são subdivididas em temas, estes em subtemas e por fim em indicadores. As questões que o compõem são questões de profundidade, questões binárias e questões quantitativas.

Guia de sustentabilidade Revista Exame

O Guia Exame de Sustentabilidade surgiu no ano 2000, com o objetivo de escolher “empresas-modelo”, no quesito de responsabilidade social. Esta escolha era feita a partir das respostas recolhidas voluntariamente em um questionário longo e detalhado elaborado pelo Instituto Ethos de Empresas e Responsabilidade Social. A partir do ano de 2007, o Guia Exame de Sustentabilidade começou a utilizar a metodologia criada pelo Centro de Estudos de

Sustentabilidade (GVces) e passou a escolher também a Empresa Sustentável do Ano (Exame, 2019). O questionário contempla aproximadamente 160 perguntas, dividido em quatro partes:

- I. 1º Aborda questões sobre compromissos, transparência e governança corporativa;
- II. 2º Aborda questões sobre a dimensão econômico-financeira;
- III. 3º Aborda questões sobre a dimensão social;
- IV. 4º Aborda questões sobre a dimensão ambiental.

Além disso, as empresas precisam relatar suas iniciativas recentes relacionadas à sustentabilidade e podem ser contatadas para apresentar evidências sobre as informações prestadas no questionário. As empresas também podem receber destaque por seu desempenho nos seguintes temas: governança da sustentabilidade, direitos humanos, relação com a comunidade, gestão de fornecedores, gestão da água, gestão da biodiversidade, gestão de resíduos, mudanças climáticas, relação com clientes e ética e transparência (Exame, 2019).

Indicadores de sustentabilidade para pequenas empresas

Para microempresas, mensurar seu nível de sustentabilidade é uma tarefa difícil, tendo em vista que os métodos existentes na literatura são poucos direcionados a elas, e estas não dispõem de

informações e dados ambientais adequados para responder os questionários propostos pelas metodologias existentes (Santos et al., 2019).

Scheuermann (2019), a partir do comparativo entre os indicadores utilizados pelo: ISE, Revista Exame e o Instituto ETHOS, propôs um novo formulário, com 4 dimensões, 15 temas e 38 indicadores, detalhados no Quadro 3, para serem utilizados por empresas de pequeno porte do segmento agroindustrial para mensurar seu nível de sustentabilidade.

Quadro 3: Dimensões, temas e indicadores

| Dimensão | Temas e indicadores |
|----------------------------|---|
| Gestão e Governança | <p style="text-align: center;">Planejamento Estratégico</p> <p style="text-align: center;">Elaboração do Planejamento Estratégico;</p> <p style="text-align: center;">Contemplar no planejamento estratégico ações voltadas a Responsabilidade Social e Empresarial;</p> <p style="text-align: center;">Conhecer os elos mais importantes, bem como, o posicionamento do empreendimento na cadeia de valor;</p> |
| | <p style="text-align: center;">Modelo de Negócios e Código de Conduta</p> <p style="text-align: center;">Elaboração/utilização de código de conduta;</p> <p style="text-align: center;">Cumprimento da legislação e regulamentos impostos à atividade;</p> <p style="text-align: center;">Compromisso formal com relação ao combate de todas as formas de corrupção;</p> |
| | <p style="text-align: center;">Observância dos Princípios de Governança Corporativa</p> <p style="text-align: center;">Transparência e integridade das informações;</p> <p style="text-align: center;">Prestação de contas e tratamento justos aos Stakeholders* da Organização;</p> |

| | |
|------------------------------|--|
| Econômico- financeira | <p>Ativos Intangíveis</p> <p>Avaliação dos Ativos Intangíveis;</p> |
| | <p>Gerenciamento de Riscos e Oportunidades</p> <p>Avaliação contínua dos riscos e oportunidades;</p> <p>Plano de contingência para evitar momentos de dificuldade;</p> |
| | <p>Relatórios Financeiros</p> <p>Avaliação periódica das demonstrações financeiras;</p> |
| Social | <p>Compromisso com o desenvolvimento da comunidade e gestão de ações sociais</p> <p>Avaliação dos impactos da atividade na sociedade;</p> <p>Apoiar ações sociais e de desenvolvimento da comunidade;</p> <p>Incentivar e desenvolver ações que promovam a cultura local;</p> |
| | <p>Compromisso com os princípios e direitos fundamentais nas relações de trabalho.</p> <p>Inexistência de trabalho infantil, forçado ou compulsório;</p> <p>Inexistência de assédio moral e sexual;</p> <p>Não discriminação e valorização da diversidade;</p> <p>Cumprimento da legislação trabalhista;</p> |
| | <p>Condições de trabalho, qualidade de vida, desenvolvimento profissional e remuneração adequada.</p> <p>Realização de ações voltadas ao desenvolvimento pessoal e profissional dos colaboradores;</p> <p>Realizar ações que propiciem maior qualidade de vida aos colaboradores; Remuneração justa e adequada ao mercado de trabalho;</p> |
| | <p>Relacionamento com clientes fornecedores e consumidores.</p> <p>Ter conhecimento de quem são seus principais fornecedores;</p> <p>Priorizar a compra de fornecedores locais;</p> |

| | |
|------------------|--|
| | <p>Priorizar relações com fornecedores que cumpram as legislações e regulamentos trabalhistas, tributários, sanitários e ambientais;</p> <p>Manter relações éticas e transparentes com os clientes respeitando prazos previamente estabelecidos;</p> <p>Assegurar sigilo às informações cadastrais dos clientes;</p> <p>Possuir canal de comunicação aberto com os clientes (ouvidoria);</p> |
| Ambiental | <p>Consumo Sustentável de Recursos</p> <p>Controle do consumo de água;</p> <p>Controle do consumo de energia;</p> <p>Controle do consumo de recursos naturais;</p> <p>Controle do consumo de materiais em geral;</p> |
| | <p>Controle da emissão de resíduos e ações de logística reversa</p> <p>Elaboração de políticas de logística reversa;</p> <p>Controle de emissões atmosféricas, efluentes líquidos e resíduos;</p> |
| | <p>Gestão de ações relacionadas às mudanças climáticas</p> <p>Realizar estudos relacionados a mudanças climáticas e possíveis adaptações ao processo produtivo;</p> |
| | <p>Respeito às áreas de preservação permanente, reservas legais e controle de passivos ambientais</p> <p>Comprovar o cumprimento da legislação referente às áreas de preservação permanente e reservas legais;</p> |
| | <p>Responsabilidade e Gestão ambiental</p> <p>Iniciativas de monitoramento de riscos e passivos ambientais;</p> <p>Disponer de sistemas de gestão ambiental;</p> |

Fonte: SCHEUERMANN (2019)

METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos propostos da pesquisa, foi necessário utilizar alguns meios metodológicos, entre os quais a pesquisa bibliográfica, que subsidiou teoricamente a identificação dos indicadores de sustentabilidade aplicáveis a empresas de pequeno porte. Posteriormente, foi aplicado a partir do formulário eletrônico da Microsoft® o questionário similarmente aplicado por Scheuermann (2019).

O campo de estudo da pesquisa foi o arranjo produtivo local de gesso de Grajaú, Maranhão. Foram mapeadas por volta de 15 empresas que compõem o arranjo produtivo do gesso em Grajaú (MA) para aplicação do questionário. Destas, 8 foram identificadas como possíveis de participação na pesquisa. Entretanto, apenas cinco respostas foram obtidas, levando em conta ainda que, durante as discussões da equipe de trabalho, ampliou-se a pesquisa para aplicação do questionário ao Serviço Brasileiro de Apoio à Micro e Pequena Empresa (SEBRAE). Ademais, os outros 4 respondentes foram representantes de empresas classificadas como indústria de pequeno porte.

Para levantar a viabilidade de aplicação de indicadores de sustentabilidade em empresas de pequeno porte localizadas em Grajaú, Maranhão, foi utilizada uma aproximação da Matriz de Slack (2018), que permitiu identificar o rol de indicadores finais a serem propostos para aplicação futura, sugeridos às empresas que

participaram da pesquisa. A utilização adaptada da Matriz ID de Slack (2018) feita por Scheuermann (2019) foi considerada para a investigação feita neste trabalho.

Figura 4: Matriz Importância x Dificuldade adaptada de Slack por Scheuermann (2019)



Fonte: Scheuermann (2019)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos a partir da aplicação de questionário com respondentes do arranjo produtivo local do gesso em Grajaú, Maranhão, foram organizados em tabelas e, posteriormente, gerados gráficos, como forma de facilitar o entendimento e discussão acerca da importância x facilidade de cada um dos indicadores analisados.

Os questionários foram respondidos por 4 (quatro) representantes de indústria de gesso, todas de pequeno porte, e 1

(um) representante do Serviço Brasileiro de Apoio À Micro e Pequena Empresa (SEBRAE-MA).

Os resultados obtidos em cada uma das dimensões: Gestão e Governança Corporativa, Econômico-Financeira, Social e Ambiental (Gráfico 1) mostram que, os respondentes veem que os indicadores da dimensão Gestão e Governança Corporativa são importantes, mas que é difícil obter os dados necessários para sua composição.

Gráfico 1: Média da importância e facilidade dos indicadores por dimensão



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Na Tabela 1 são apresentados os desvios padrões das médias de cada dimensão e, a partir deles, pode-se afirmar que os dados não se comportam de forma dispersa, pois os desvios são bem próximos ao zero, ou seja, as médias vistas no Gráfico 1 demonstram bem o comportamento das respostas.

Tabela 1: Desvio padrão entre as médias de cada uma das dimensões

| Dimensões | Importância | Dificuldade |
|---------------------------------|-------------|-------------|
| Gestão e Governança Corporativa | 0,13 | 0,27 |
| Econômico-financeira | 0,08 | 0,15 |
| Social | 0,17 | 0,21 |
| Ambiental | 0,46 | 0,30 |

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

Dimensão Gestão e Governança Corporativa

Para uma melhor compreensão sobre os dados do Gráfico 2, no Quadro 4 tem-se os temas e indicadores que foram abordados nesta dimensão. Se faz necessária essa retomada tendo em vista que no Gráfico 2 esses indicadores são identificados apenas com índices.

Quadro 4: Temas e indicadores da dimensão Gestão e Governança Corporativa

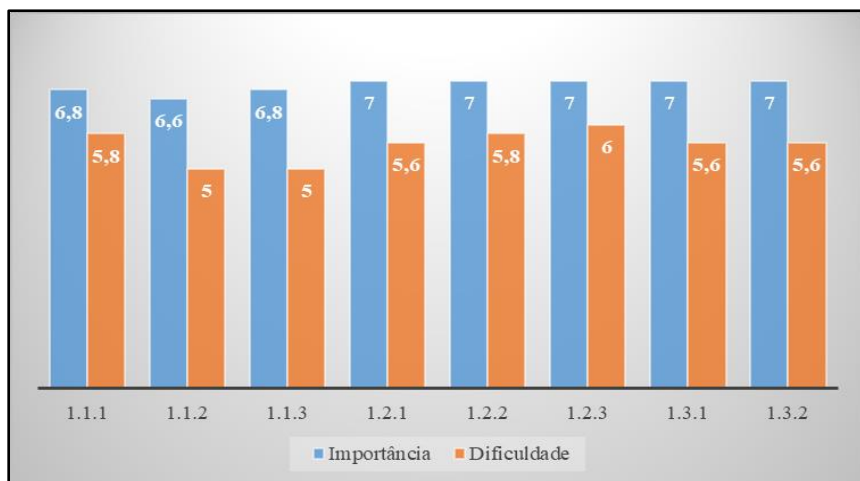
| TEMAS E INDICADORES DA DIMENSÃO GESTÃO E GOVERNANÇA CORPORATIVA | | | |
|---|---|-----------------|--------------|
| 1.1 | Planejamento | | Estratégico |
| 1.1.1 | Elaboração do | Planejamento | Estratégico; |
| 1.1.2 | Contemplar no planejamento estratégico ações voltadas a Responsabilidade Social e | | Empresarial; |
| 1.1.3 | Conhecer os elos mais importantes, bem como, o posicionamento do empreendimento na cadeia de valor; | | |
| 1.2 | Modelo de Negócios e Código de Conduta | | |
| 1.2.1 | Elaboração/utilização de | código de | conduta; |
| 1.2.2 | Cumprimento da legislação e regulamentos impostos à atividade; | | |
| 1.2.3 | Compromisso formal com relação ao combate de todas as formas de corrupção; | | |
| 1.3 | Observância dos Princípios de Governança Corporativa | | |
| 1.3.1 | Transparência e | integridade das | informações; |
| 1.3.2 | Prestação de contas e tratamento justos aos Stakeholders* da Organização | | |

Fonte: Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Em relação a importância dos indicadores, de acordo com o Gráfico 2, percebe-se que não há uma sobreposição, tendo em vista que dos oito indicadores analisados, cinco obtiveram média 7 e os outros, médias bem próximas a 7 também.

Contudo, baseado no Gráfico 2, pode-se afirmar que o indicador relativo ao compromisso formal com o combate a todas as formas de corrupção é o mais difícil para mensurar, com nota de 6 e, os mais fáceis de mensurar, são os indicadores voltados para contemplar no planejamento estratégico ações voltadas a Responsabilidade Social e Empresarial e Conhecer os elos mais importantes, bem como, o posicionamento do empreendimento na cadeia de valor, ambos com nota 5.

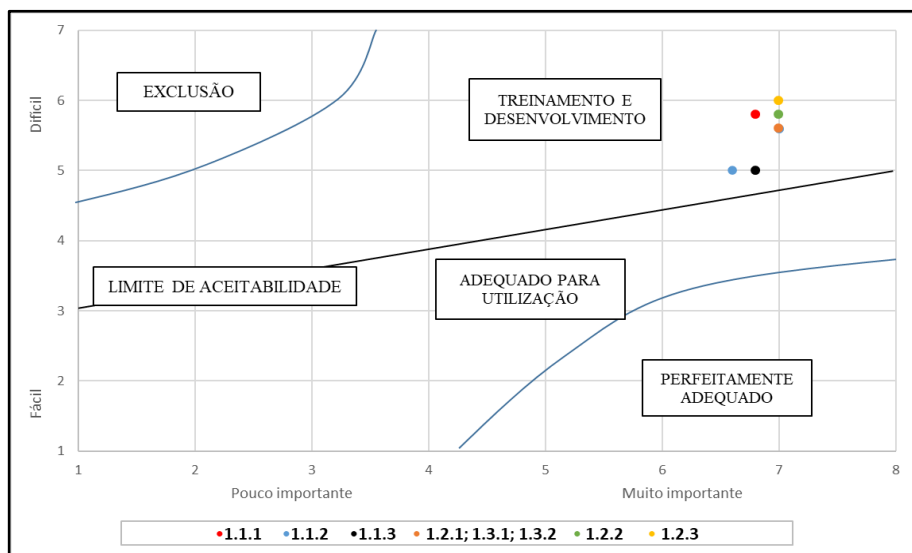
Gráfico 2: Relação entre a média da importância x dificuldade dos indicadores da dimensão Gestão e Governança Corporativa



Fonte: Elaborado pela Autora (2021)

De acordo com a Matriz Dificuldade x Importância (Gráfico 3), os indicadores da dimensão “Gestão e Governança Corporativa” precisam de treinamento e desenvolvimento para que sejam implantados, ou seja, ainda não estão aptos a aplicação, pois estes, apesar de estarem em um grau de importância alto, tem um grau de dificuldade elevado também.

Gráfico 3: Matriz Dimensão x Dificuldade da dimensão Gestão e Governança Corporativa



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Dimensão Econômico-Financeira

O Quadro 5 faz uma retomada nos indicadores que foram abordados na dimensão econômico-financeira. Observou-se que as pontuações dos indicadores apresentaram pouca variação, e todos

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE, ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA foram categorizados como importantes e de moderada dificuldade de mensuração.

Quadro 5: Temas e indicadores da dimensão Econômico-Financeiro

| TEMAS E INDICADORES DA DIMENSÃO ECONÔMICO-FINANCEIRA |
|--|
| 2.1 Ativos Intangíveis |
| 2.1.1 Avaliação dos Ativos Intangíveis |
| 2.2 Gerenciamento de Riscos e Oportunidades. |
| 2.2.1 Avaliação contínua dos riscos e oportunidades. |
| 2.2.2 Plano de contingência para evitar momentos de dificuldade. |
| 2.3 Relatórios Financeiros. |
| 2.3.1 Avaliação periódica das demonstrações financeiras. |

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Além disso, é possível inferir a partir do gráfico 4 que dentre os indicadores avaliados pelos respondentes, o indicador de avaliação contínua dos riscos e oportunidades é julgado o mais importante, enquanto o indicador de Avaliação dos Ativos Intangíveis é o de mais fácil obtenção.

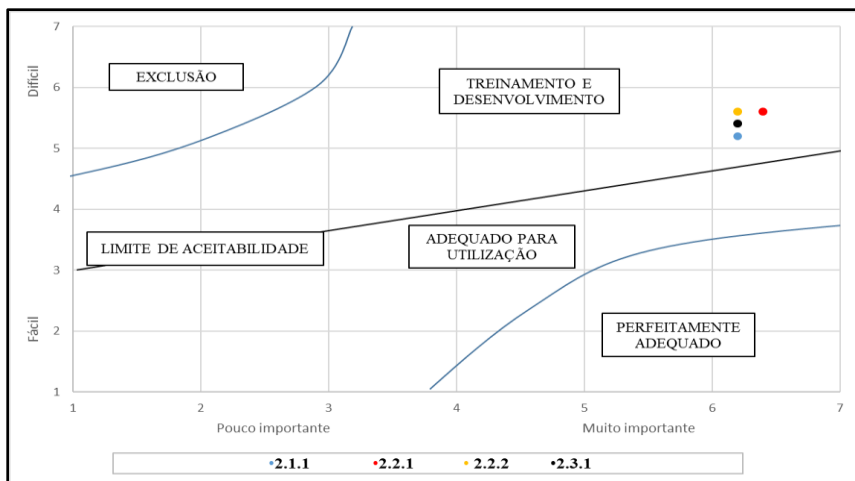
Gráfico 4: Relação entre a média da Importância x Dificuldade dos indicadores da dimensão Econômico-Financeira



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Os indicadores da dimensão econômico-financeira, por terem um grau elevado de dificuldade, se encaixaram no quadrante “treinamento e desenvolvimento” da Matriz Importância x Dificuldade (Gráfico 5), de forma análoga ao que foi apresentado com relação à dimensão anterior.

Gráfico 5: Matriz Dimensão Importância x Dificuldade - Dimensão Econômico-Financeira.



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Dimensão Social

Os indicadores analisados na dimensão social podem ser vistos no Quadro 5. É uma dimensão que possui muitos indicadores se comparadas com as demais. Mas, em geral, apresentou um comportamento semelhante com as dimensões anteriormente abordadas.

Quadro 5: Temas e indicadores da dimensão Social

| TEMAS E INDICADORES DA DIMENSÃO SOCIAL | |
|--|---|
| 3.1 | Compromisso com o desenvolvimento da comunidade e gestão de ações sociais. 3.1.1 Avaliação dos impactos da atividade na sociedade. 3.1.2 Apoiar ações sociais e de desenvolvimento da comunidade. 3.1.3 Incentivar e desenvolver ações que promovam a cultura local |
| 3.2 | Compromisso com os princípios e direitos fundamentais nas relações de trabalho. 3.2.1 Inexistência de trabalho infantil, forçado ou compulsório. 3.2.2 Inexistência de assédio moral e sexual. 3.2.3 Não discriminação e valorização da diversidade. 3.2.4 Cumprimento da legislação trabalhista. |
| 3.3 | Condições de trabalho, qualidade de vida, desenvolvimento profissional e remuneração adequada. 3.3.1 Realização de ações voltadas ao desenvolvimento pessoal e profissional dos colaboradores. 3.3.2 Realizar ações que propiciem maior qualidade de vida aos colaboradores. 3.3.3 Remuneração justa e adequada ao mercado de trabalho. |
| 3.4 | Relacionamento com clientes fornecedores e consumidores. 3.4.1 Ter conhecimento de quem são seus principais fornecedores. 3.4.2 Priorizar a compra de fornecedores locais. 3.4.3 Priorizar relações com fornecedores que cumpram as legislações e regulamentos trabalhistas, tributários, sanitários e ambientais. 3.4.4 Manter relações éticas e transparentes com os clientes respeitando prazos previamente estabelecidos. 3.4.5 Assegurar sigilo às informações cadastrais dos clientes. 3.4.6 Possuir canal de comunicação aberto com os clientes (ouvidoria). |

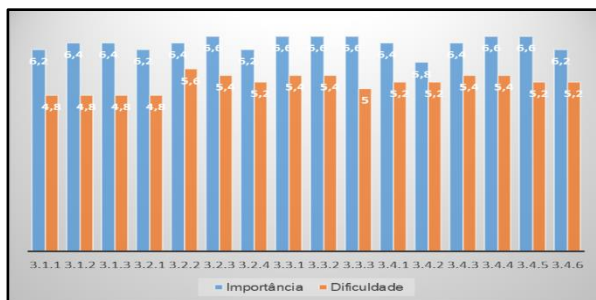
Fonte: Elaborado pela autora (2021)

A dimensão social contempla 16 indicadores, os quais apresentam pouca dispersão entre as médias (Gráfico 6) e todos foram considerados de importância moderada e com uma leve dificuldade para serem mensurados.

Contudo de acordo com o Gráfico 6, tem-se 5 indicadores que apresentaram média 6,6: não discriminação e valorização da diversidade; realização de ações voltadas ao desenvolvimento pessoal e profissional dos colaboradores; realizar ações que propiciem maior qualidade de vida aos colaboradores; remuneração justa e adequada ao mercado de trabalho; manter relações éticas e transparentes com os clientes respeitando prazos previamente estabelecidos; assegurar sigilo às informações cadastrais dos clientes, indicando a maior importância.

Além disso, quatro indicadores apresentaram nota 4,8: avaliação dos impactos da atividade na sociedade; apoiar ações sociais e de desenvolvimento da comunidade; incentivar e desenvolver ações que promovam a cultura local; inexistência de trabalho infantil, forçado ou compulsório, indicando assim uma maior facilidade na obtenção dos dados necessários em relação aos outros analisados.

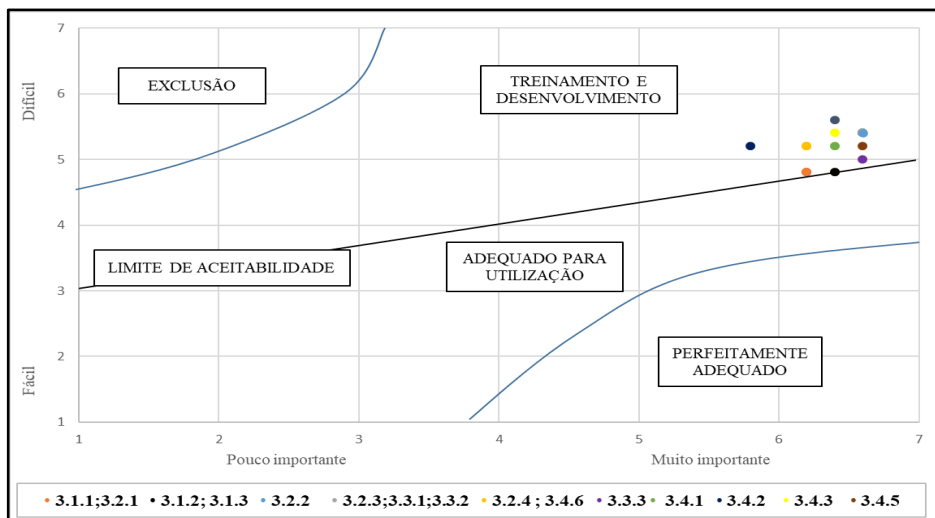
Gráfico 6: Relação entre a média da importância x facilidade dos indicadores da dimensão Social



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

De modo um pouco diferente das demais dimensões até aqui analisadas, de acordo com o Gráfico 7, a dimensão Social apresentou dois indicadores no limite de aceitabilidade: apoiar ações sociais e de desenvolvimento da comunidade e, incentivar e desenvolver ações que promovam a cultura local. Além disso, alguns indicadores ficaram bem próximos ao limite de aceitabilidade, embora dentro do quadrante de “treinamento e desenvolvimento”, pois apresentam médias que revelam um alto grau de dificuldade.

Gráfico 7: Matriz Dimensão Importância x Dificuldade da Dimensão Social



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Dimensão Ambiental

A dimensão ambiental contempla dez indicadores os quais são divididos em cinco temas (Quadro 6).

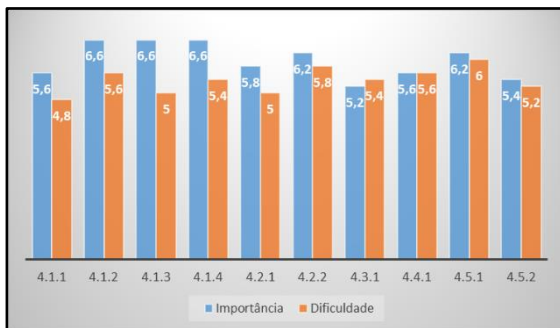
Quadro 6: Temas e indicadores da dimensão Ambiental

| TEMAS E INDICADORES DA DIMENSÃO AMBIENTAL | | | | | |
|--|---|----|---------|----|--------------------|
| 4.1 Consumo Sustentável de Recursos | | | | | |
| 4.1.1 | Controle | do | consumo | de | água. |
| 4.1.2 | Controle | do | consumo | de | energia. |
| 4.1.3 | Controle | do | consumo | de | recursos naturais. |
| 4.1.4 | Controle do consumo de materiais em geral. | | | | |
| 4.2 Controle da emissão de resíduos e ações de logística reversa. | | | | | |
| 4.2.1 | Elaboração de políticas de logística reversa. | | | | |
| 4.2.2 | Controle de emissões atmosféricas, efluentes líquidos e resíduos | | | | |
| 4.3 Gestão de ações relacionadas às mudanças climáticas | | | | | |
| 4.3.1 | Realizar estudos relacionados à mudanças climáticas e possíveis adaptações ao processo produtivo | | | | |
| 4.4 Respeito às áreas de preservação permanente, reservas legais e controle de passivos ambientais | | | | | |
| 4.4.1 | Comprovar o cumprimento da legislação referente às áreas de preservação permanente e reservas legais. | | | | |
| 4.5 Responsabilidade e Gestão Ambiental | | | | | |
| 4.5.1 | Iniciativas de monitoramento de riscos e passivos ambientais. | | | | |
| 4.5.2 | Disponer de sistemas de gestão ambiental | | | | |

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

De acordo com os dados do Gráfico 8, os indicadores: controle do consumo de energia; Controle do consumo de recursos naturais; controle do consumo de materiais em geral, obtiveram média 6,6, sendo estes, os mais importantes dentro da visão dos respondentes. Enquanto isso, o indicador: controle do consumo de água, foi o indicador que apresentou média 4,8, ou seja, este tem uma maior facilidade em obter os dados necessário.

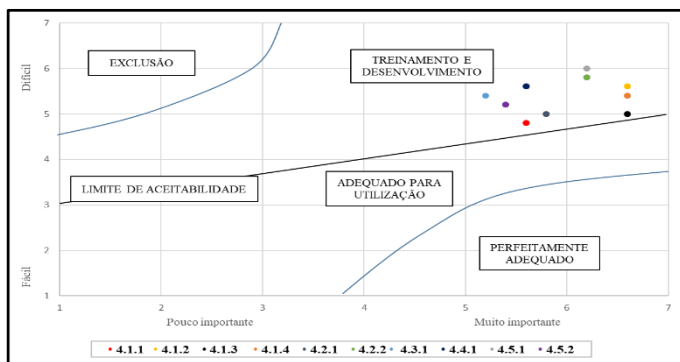
Gráfico 8: Relação entre a média da Importância x Dificuldade dos indicadores da dimensão Ambiental



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Todos os indicadores da dimensão ambiental se encaixam, na Matriz de Importância x Dificuldade (Gráfico 9), dentro do quadrante de treinamento e desenvolvimento, de forma semelhante as dimensões anteriores, ou seja, ainda não podem ser utilizados, pois necessitam de ações por parte das empresas e que permitam sua aplicação.

Gráfico 9: Matriz Dimensão Importância x Dificuldade da dimensão Ambiental



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo conseguiu identificar, a partir de pesquisas bibliográficas um conjunto de possíveis indicadores aplicáveis a pequenas empresas. Entretanto, percebeu-se que a aplicação das três propostas mais robustas de conjuntos de indicadores constantes da literatura, é praticamente inviável para empresas de pequeno porte, tendo em vista a sua complexidade.

Deve-se ressaltar que, a análise de viabilidade do conjunto de indicadores aplicáveis, ficou comprometida tendo em vista a grande dificuldade em fazer com que os representantes das empresas respondessem ao questionário, denotando falta de percepção da importância do tema para o próprio desenvolvimento dos negócios que gerenciam.

Contudo, com a crescente necessidade de incorporar a sustentabilidade em negócios, e a representatividade econômica de micro e pequenas e empresas (MPEs), há uma necessidade de ampliar os estudos sobre os indicadores de sustentabilidade que possam ser viáveis e consigam traduzir em que nível estão estas empresas quando se aborda o tema sustentabilidade.

Desta forma, sugere-se que para futuros estudos seja feita uma remodelagem no formulário a ser preenchido pelas empresas, ou este possa ser aplicado por partes, pois os empresários respondentes alegavam ser muito longo o que pode ser um fator desestimulante a participarem da pesquisa.

REFERÊNCIAS

AGOSTINI, Cíntia. **As abordagens da sustentabilidade nas discussões sobre desenvolvimento: uma análise a partir da obra de Dinizar Becker**. 2008. Dissertação (Mestrado) – Curso de Ambiente e Desenvolvimento, Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 13 jun. 2008. Disponível em: <https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/18/16/CintiaAgostini.pdf>. Acesso em 28/11/2020

BARBIERI, José Carlos. **Desenvolvimento Sustentável: Das Origens à Agenda 2030**. Petrópolis: Vozes, 2020.

BARBIERI, José Carlos. **Gestão Ambiental Empresarial**. 1 ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Indicadores Ambientais**, 19 de maio de 2012. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/informacoes-ambientais/indicadores-ambientais.html>. Acesso em:15/12/2020

BM&FBOVESPA. **Metodologia do Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE)**. Abril/2015.

BOTELHO, Kilça Tanaka et al. **Indicadores De Sustentabilidade Empresarial: Um Estudo Exploratório**. Divers@ Revista Eletrônica Interdisciplinar, v. 8, n. 2, p. 104-116, jul./dez. 2015.

CMMAD – Comissão Mundial Sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso Futuro Comum**. 2ª Edição. Editora Fundação Getúlio Vargas. Rio de Janeiro/RJ. 1991.

CURI, Denise. **Gestão Ambiental**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

DONAIRE, Denis. **Gestão Ambiental na Empresa**. 1999. Reimpressão, São Paulo: Atlas, 2011.

ETHOS. Guia Temático de Integridade. 2019

ETHOS. Apresentação institucional. 03/02/2020

EXAME. Inscrições encerradas para o Guia EXAME de Sustentabilidade 2019. 11 de junho de 2019. Disponível em: <https://exame.com/especiais/sustentabilidade/>. Acesso em: 16/01/2021.

FIEMA. Maranhão Industrial. OUT/NOV 2017. Disponível em: <https://www.fiema.org.br/uploads/revista/6049/Km7ihB7vXBG223rylCPP-Czs3oxcrYTz.pdf>. Acesso em: 11/08/2021

GUIMARÃES, Roberto Pereira. FEICHAS, Susana Arcangela Quacchia. Desafios na Construção de Indicadores de Sustentabilidade. Revista Ambiente & Sociedade, v. XII, n.2, p. 307-323, jul-dez.2009.

LEITE, Luciana Rosa; ARAUJO, Juliano Bezerra de; MARTINS, Roberto Antonio. Sustentabilidade como direcionador de evolução dos sistemas de medição de desempenho. Navus – Revista de Gestão e Tecnologia. Florianópolis, SC, v. 1, n. 1, p. 35-50, Jul./Dez. 2011.

MORAES, Letícia de Fátima. Sustentabilidade: Ferramentas e Indicadores Socioeconômicos e Ambientais. Curitiba: Contentus, 2020.

SATOLO, Eduardo Guilherme. SIMON, Alexandre Tadeu. Estudo Comparativo dos Modelos de Medição da Sustentabilidade Organizacional. XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP. São Carlos/SP. 2010

SCHEUERMANN, Guilherme. Conjunto de indicadores de sustentabilidade empresarial: uma proposta de avaliação para micro e pequenas empresas do segmento agroindustrial.

Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Sistemas Ambientais Sustentáveis. Universidade do Vale do Taquari (Univates), 2019. Disponível em: <https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/2514/1/2019GuilhermeScheuermann.pdf>. Acesso em: 21/12/2020

SLACK, Nigel. **Administração da produção**. Tradução Daniel Vieira. - 8 ed. - São Paulo: Atlas, 2018.

PESQUISA DE DIFERENTES ARQUITETURAS DE DEEP LEARNING PARA CLASSIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE CÉLULAS NEURONAIS CONSIDERANDO DIFERENTES FORMAS DE REPRESENTAÇÃO

Antonio Fernando Lavareda Jacob Junior¹

Fábio Manoel França Lobato²

Thyago Machado Rodrigues³

INTRODUÇÃO

O cérebro humano é um dos mais fascinantes sistemas da natureza. Esta complexa estrutura biológica tem cada vez mais atraído cientistas mundo afora. Pouco a pouco, detalhes de seu funcionamento têm sido revelado, no entanto, diversas questões ainda permanecem em aberto. Uma pergunta de pesquisa recorrente na área é “Por que a diversidade neuronal é importante para a funcionalidade do cérebro e como as morfologias neuronais “moldam nossos pensamentos?”.

Para lidar com estas questões, primeiramente é necessário classificar as morfologias neuronais. Atualmente, é um consenso que neurônios de um mesmo tipo morfológico têm características topológicas e geométricas similares, parecendo, portanto, altamente estruturados. No entanto, ainda não se sabe até que ponto a

¹ Professor do Departamento de Engenharia da Computação, Universidade Estadual do Maranhão, Orientador PIBIC/UEMA.

² Professor adjunto do Instituto de Engenharia e Geociências da Universidade Federal do Oeste do Pará, Pesquisador-Colaborador.

³ Graduando no Curso de Engenharia de Computação Universidade Estadual do Maranhão; Bolsista PIBIC/UEMA

complexa morfologia neuronal é moldada pela informação genética de um organismo ou pela sua interação ambiental.

Para estudar o impacto da aleatoriedade e estrutura de morfologias neuronais na conectividade da rede que eles formam, a geração artificial de morfologias neuronais realísticas tem sido uma abordagem bem aceita pela comunidade.

Diversas soluções para os desafios de pesquisa supramencionados, de classificação e de geração de morfologias neuronais utilizaram-se de métodos matemáticos, estatísticos e/ou de aprendizado de máquina. No entanto, duas desvantagens relevantes merecem ser destacadas: i) a maior parte dos métodos demandam uma complexa engenharia de atributos; ii) os métodos desenvolvidos requerem uma estratégia de parametrização computacionalmente onerosa.

Neste sentido, o *deep learning* aparece como uma solução promissora, pois exímios analistas dos dados da engenharia de requisitos.

Neste contexto, o objetivo principal deste trabalho é o estudo de diferentes arquiteturas de *deep learning* para a classificação e para a geração de morfologias neuronais.

METODOLOGIA

Esta seção descreve as atividades desenvolvidas, a fim de atingir o objetivo do trabalho. Por se tratar da construção de um

artefato, no caso, um sistema de software, optou-se por adotar a metodologia Design Science Research, a qual é bastante difundida quando o objetivo final do projeto é o desenvolvimento de um produto, metodologias, estratégias e serviços, sobretudo na computação.

Composto de seis etapas postas em sequências, o DSR é um modelo de processo. No presente artigo foram adotadas as definições e funções de cada sequência de acordo com (PEFFERS et al, 2008), a saber: identificação do problema e elucidação das motivações, definição dos objetivos da solução, projeto e desenvolvimento, demonstração, avaliação e comunicação. No caso das primeiras etapas, foi realizada uma revisão sistemática no tema de pesquisa. As demais etapas foram obtidas por meio da construção e teste de um software.

REVISÃO SISTEMÁTICA.

Uma Revisão Sistemática (RS) pode ser descrita como uma sequência de atividades sobre um assunto e analisar informações para obter um conhecimento em cima do que foi estudado, explorando características orientadas a questões ou pontos específicos, os quais deseja-se dar ênfase na pesquisa, geralmente norteadas por “*Research Questions*” (RQ), ou questões de pesquisa (SPOLAOR et al, 2016).

Processo de Revisão Sistemática

O processo de revisão seguiu as diretrizes propostas por (KITCHENHAN et al, 2007), caracterizando-a em três principais fases:

- **Planejamento:** etapa a qual compreende a identificação do motivo ou necessidade da revisão bem como definir as questões de pesquisa que nortearão o estudo, desenvolvendo um protocolo de revisão para a mesma (KITCHENHAN et al, 2007).
- **Condução:** identificação de pesquisas na área a fim de selecionar publicações que se encaixam no objetivo do estudo, os quais são submetidos a uma avaliação de qualidade dos condutores no intuito de investigar características pertinentes a serem extraídas, caracterizando o processo de extração de características, e, em seguida, realizar a síntese das informações (KITCHENHAN et al., 2007).
- **Relatórios:** etapa a qual especifica os mecanismos de divulgação, comumente esses resultados são relatados em teses de doutorado, relatórios técnicos, artigos ou outros formatos (KITCHENHAN et al., 2007).

Planejamento

A revisão sistemática em questão tem como objetivo identificar quais métodos estão sendo usados para classificar

morfologias neuronais, bem como comparar os formatos de representação de neurônios que estão sendo explorados para então avaliar criticamente as medidas de avaliação utilizadas neste contexto (KITCHENHAN et al., 2007).

A fim de organizar os processos e etapas dentro da pesquisa, optou-se por fazer uso da ferramenta Parsifal⁴, uma plataforma online de suporte para revisões sistemáticas. A ferramenta oferece artifícios para a estruturação da pesquisa tanto quanto oferece uma interface visual para um melhor controle da pesquisa.

Durante a fase de planejamento, o modelo PICRC foi adotado. Este visa auxiliar na sequência da pesquisa. PICRC significa (WHOLIN et al, 2012):

- **P**opulação: define o grupo de pessoas, programas ou negócios de interesse pela revisão?
- **I**ntervenção: determine uma tecnologia, ferramenta ou procedimento que está sob estudo.
- **C**omparação: com a qual a intervenção é comparada;
- **R**esultados: elucidada, além do objetivo estatístico, o prático ponto de vista do estudo.
- **C**ontexto: do estudo deve ser definido, que é uma visão ampliada da população.

Apesar da definição de um PICRC ser opcional, este foi considerado para a elaboração das “*Research Questions*” (RQ). Para

⁴ <https://parsif.al>

tal, definiu-se as questões de pesquisas as quais deseja-se solucionar ao final da pesquisa:

- **RQ1:** Quais técnicas estão sendo usadas para classificar morfologias neuronais?
- **RQ2:** Em que tipo de representação os modelos funcionam?
- **RQ3:** Como os modelos são avaliados?

Para realizar as etapas posteriores, definiu-se a *string* de pesquisa, palavras-chave cuja combinação com operadores lógicos serão entradas para as buscas avançadas nas bases de dados. A string é apresentada a seguir:

("neuronal morphologies" OR "Neural" OR "neuron" OR "Neuronal cell-type" OR "neuronal morphology" OR "neurons") AND ("classification").

Assim como mencionado anteriormente, essa entrada foi utilizada como input para as bases de dados bibliográficas: ACM Digital Library, IEEE Digital Library, ISI Web of Science, Science@Direct e Scopus.

Condução

Após inserir a string de busca nas bases de dados mencionadas na etapa anterior, obteve-se o relatório mostrado na tabela 1.

Tabela 1: Trabalhos Obtidos

| Base | ACM | IEEE | Web of Science | Science Direct | Scopus |
|-------------------|-----|------|----------------|----------------|--------|
| Número de Artigos | 1 | 16 | 22 | 582 | 57 |

Fonte: Autor (2020)

Mediante aos artigos obtidos, estabeleceu-se critérios para a inclusão bem como os critérios para a exclusão deles:

1. Critérios de Inclusão.

- CI1: Artigos publicados após 2017
- CI2: Artigos revisados por pares de periódicos e conferências relevantes (que têm o índice H).
- CI3: Publicações que propõem ou comparam métodos de classificação de morfologias neuronais.

2. Critérios de Exclusão.

- CE1: Capítulo de livro
- CE2: Publicações duplicadas dos mesmos autores (por exemplo: título, resumo e resultados semelhantes)
- CE3: Editoriais e artigos de opinião.
- CE4: Publicações que não se adequam às questões de pesquisa.
- CE5: Slides tutoriais, artigos curtos, pôsteres e relatórios técnicos.

Um período de publicação foi estipulado para incluir apenas artigos publicados após 2017 (CI₁) como forma de caracterizar estudos mais recentes bem como seleção de publicações que tenham o índice H de qualidade como forma de selecionar trabalhos de impacto (CI₂) e, por fim, trabalhos que estão efetivamente alinhados à linha de pesquisa (CI₃).

Além disso, alguns formatos de publicações foram excluídos, como os listados em CE₁ a CE₃ e CE₅. Por fim, publicações as quais não entram em acordo com as questões de pesquisas foram excluídas.

Após a seleção dos artigos mediante aos critérios de inclusão e exclusão, obtém-se um novo relatório.

Tabela 2: Trabalhos Selecionados

| Base | ACM | IEEE | Web of Science | Science Direct | Scopus |
|-------------------|-----|------|----------------|----------------|--------|
| Número de Artigos | 0 | 6 | 7 | 38 | 29 |

Fonte: Autor (2020)

Após a seleção dos artigos mediante aos critérios de inclusão e exclusão, obtém-se um novo conjunto que foi submetido aos “*Quality Assessment*” (QA) ou critérios de qualidade. Os critérios de qualidade adotados foram:

- **QA₁**: As medidas/estratégia de avaliação estão claramente definidas no quadro experimental?
- **QA₂**: A representação da morfologia neuronal usada nos

experimentos é descrita?

- **QA3:** A publicação relata a proposta ou comparação de método (s) para classificar neurônios com base em sua morfologia?

Os critérios de qualidade estabelecidos foram aplicados aos trabalhos, sendo classificados em Possui, Parcialmente Descrito e Não Possui, sendo ponderadas, respectivamente, em 1, 0.5 e 0. Portanto, uma publicação que atenda completamente a todos os critérios receberá a avaliação máxima de 3.

Resultados da RS

Resultados de amostras do conjunto filtrado pelos critérios de qualidade, com qualidade de 2.5 ou maior, apontavam para uma predominância de utilização da ferramenta L-measure como uma das principais ferramentas de extração de características em arquivos SWC, bem como apontou o repositório Neuromorpho.gorg como uma tendência à bases de dados predominante como fonte de informações em arquivos SWC.

Estes achados foram utilizados para o direcionamento do software e testes realizados, os quais serão apresentados na seção a seguir.

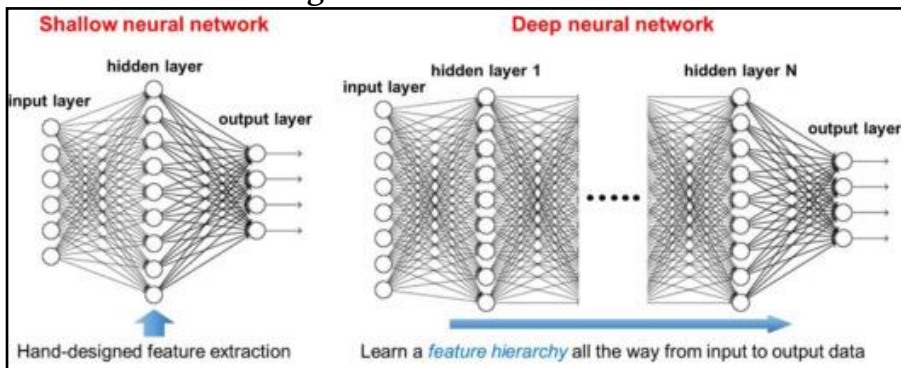
RESULTADOS OBTIDOS

Dentro do contexto de Machine Learning e Inteligência Artificial, o aprendizado profundo (*Deep Learning*) consiste na

representação da maneira como aprendemos alguma tarefa e produção de um modelo a partir de dados acerca de um determinado assunto (SHEN; WU; SUK, 2017).

As técnicas de aprendizado profundo são caracterizadas por um processo de aprendizado com grandes quantidades de dados, sendo um processo de intenso processamento, nesse sentido, redes neurais com *Deep Learning* são constituídas de uma camada de entrada, n camadas ocultas ou intermediárias, o que difere de uma rede rasa com apenas 1 camada intermediária, e uma camada de saída, cuja transição de dados é ponderada e modificada por um fator de convergência (PONTI; COSTA, 2017).

Figura 1: Redes Neurais



Fonte: <https://www.iztutorials.com/explain-deep-neural-network-and-shallow-neural-networks/>

Neste trabalho, foram utilizadas diferentes arquiteturas de Deep Learning, explorando diferentes métodos de classificação, no

objetivo de classificar células neuronais de maneira a obter morfologias de modo a abordar diferentes representações.

Os algoritmos implementados (Figura 2) seguirão a lógica geral do treinamento das redes neurais, dividindo os dados em frações para treino e para previsão, a fim de aplicar, sobre os dados de um mesmo conjunto, métricas para determinar a acurácia de cada método.

Figura 2: Algoritmo de treinamento das redes neurais.

```
dados = preparar_dados(dados_entrada)
dados, alvo = destacar_classe_alvo(dados)

dados_treino, dados_teste = separar_dados(dados, porcentagem)
alvo_treino, alvo_teste = separar_dados(alvo, porcentagem)

enquanto não num_iteracoes:
    modelo.treinar(dados_treino, alvo_treino)

previsao = modelo.prever(dados_teste)
avaliar(previsao, alvo_teste)
```

Fonte: Autor, 2020.

Ao final do treinamento, é feito o teste com a fração do dataset reservada para previsões, avaliando-o de acordo com os resultados já conhecidos.

Multilayer Perceptron.

O perceptron multicamadas é uma das mais clássicas redes neurais, detendo uma camada de entrada, que se responsabiliza pela

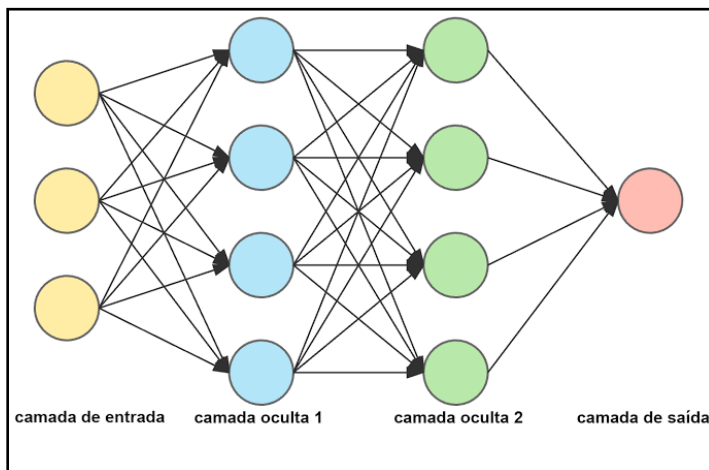
entrada de dados, camadas ocultas, responsáveis pelo aprendizado de características, e uma camada de saída.

A estrutura da camada de entrada corresponde aos dados já tratados cuja transição para a camada posterior é dada por meio de um vetor de pesos comumente denotado de W_i . Cada camada h_i , diferente da camada de entrada, é atualizada, por meio do uso de b_i (o fator de convergência atual) e ativada da seguinte forma (PONTI; COSTA, 2017):

$$h_{i+1} = f(W_i h_i + b_i) \quad (\text{Eq. 1})$$

A soma é submetida a uma função $f(\cdot)$, a qual trata de realizar a ativação. A função mais comum é a Perceptron tanto para redes rasas (uma única camada oculta) quanto para redes de multicamadas (PONTI; COSTA, 2017). Outras funções de ativação podem ser utilizadas, porém dependem do tipo de problema a ser tratado, por exemplo a ReLu, a qual é uma função linear que anula valores negativos e comprime os demais valores positivos em uma reta (PONTI; COSTA, 2017; WEHRMANN; CERRI; BARROS, 2018). A figura 3 mostra um esquema de uma rede comum, com n entradas e n saídas.

Figura 3: Exemplo de Rede Perceptron.



Fonte: <https://github.com/Sam-Marx/redes-neurais>

Convolutional Neural Networks.

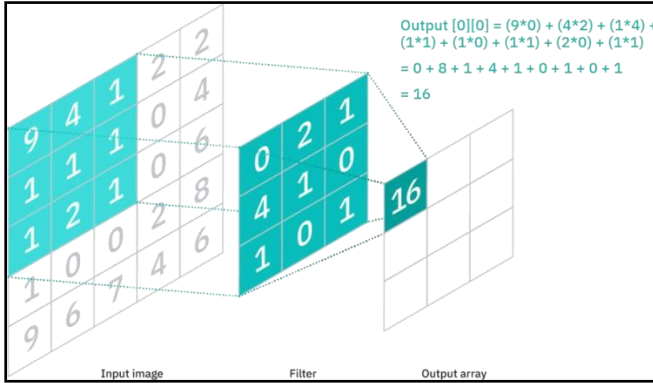
As *Convolutional Neural Networks* (CNN) são redes de arquitetura diferente da descrita anteriormente. Estas redes são comumente relacionadas a problemas de visão computacional e se distinguem também de outras redes neurais por seu desempenho superior com entradas de sinal de imagem, voz ou áudio. Eles têm três tipos principais de camadas, que são (IBM, 2020):

1. Camada convolucional;
2. Camada de Pooling;
3. Camada totalmente conectada.

A camada convolucional é o bloco de construção central de uma CNN e é onde ocorre a maior parte da computação. Requer alguns componentes, que são dados de entrada, um filtro, também chamado de kernel que percorrerá os campos da imagem, e um mapa

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE,
ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
de recursos, matriz (2-D) de pesos que representam parte da imagem
(IBM, 2020).

Figura 4: Concolução



Fonte: (IBM, 2020)

Após cada operação de convolução, um CNN aplica uma transformação de Unidade Linear Retificada (ReLU) ao mapa de características, introduzindo não linearidade ao modelo (IBM, 2020).

Camadas de pooling são responsáveis pela redução de dimensionalidade, reduzindo o número de parâmetros na entrada. De maneira similar à camada convolucional, a operação de agrupamento varre um filtro por toda a entrada, mas a diferença é que esse filtro não tem pesos, apenas uma função de agregação, como a média dos valores, valor máximo ou valor mínimo.

Por fim, uma camada totalmente conectada, a qual recebe os valores da camada anterior após uma vetorização da entrada, após

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE, ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
esse processo a rede é semelhante à perceptron multicamadas (IBM, 2020).

Datasets e Pré-processamento

Os datasets utilizados para a construção dos modelos foram obtidos através do repositório Neuromorpho.org, plataforma colaborativa para reconstrução de neurônios digitais obtidos em laboratórios.

Na plataforma, fora estudado o verme *C. Elegans*, o qual fora selecionado amostras mediante a classificação e sua localização dispostas na base Neuromorpho. A descrição do dataset, bem como a quantidade original de amostras são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3: Datasets Estudados

| Dataset | Número de Amostras |
|--|--------------------|
| buelow-somaticNervousSystem-somatic | 301 |
| openworm-pharyngealNervousSystem-interneuron | 66 |
| openworm-pharyngealNervousSystem-motoneuron | 112 |
| openworm-pharyngealNervousSystem-somatic | 79 |

Fonte: Autores (2021)

Os arquivos das amostras são obtidos através de SWC, os quais serviram de entrada para a reconstrução de imagens utilizando a ferramenta Btmorph. Nem todos os arquivos

foram passíveis de serem reconstruídos, resultando em uma diminuição nas amostras, conforme Tabela 4.

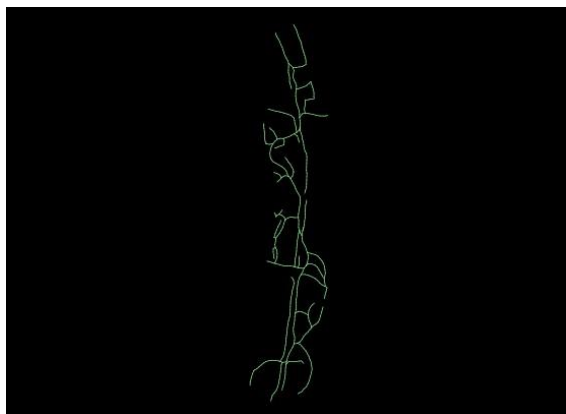
Tabela 4: Imagens Geradas

| Dataset | Número de Imagens |
|---|-------------------|
| buelow-somaticNervousSystem-somatic | 156 |
| openworm-pharyngealNervousSystem- interneuron | 66 |
| openworm-pharyngealNervousSystem- motoneuron | 112 |
| openworm-pharyngealNervousSystem-somatic | 79 |

Fonte: Autores (2021)

As imagens são obtidas com uma borda branca que ao ser retirada, utilizando a biblioteca Opencv, resulta em amostras como a descrita na figura 5.

Figura 5: Exemplo de Imagem



Fonte: Autores (2021)

Modelo Desenvolvido

Dadas as imagens reconstruídas, para serem adequadas ao modelo, ainda utilizando a Opencv, converteu-se a imagem para uma escala de cinza, pois imagens em escala RGB (*Red Green Blue*) consome o triplo de memória se comparadas com a em cinza. Também fora aplicada um redimensionamento das imagens para 400x400 pixels.

Obtendo as imagens geradas, as quais constituem o dataset de estudo, separou-se os mesmos em dados de treino na proporção de 80%, validação em 10% e teste de 10%.

Para evitar o fenômeno do *overfitting* ou superajuste, utilizou-se métodos de dropout com taxas de 0.3 a 0.5 e uma taxa de aprendizado de 0.1% e um otimizador Adam, disponibilizado pelo framework. Ainda para evitar o superajuste, utilizou-se metodologias de “*batch*”, ou lotes, para os dados de treinamento, possibilitando que o conjunto não seja afetado por discrepâncias.

Topologia do Modelo

Tendo em mãos a divisão dos dados, um modelo de rede convolucional foi implementado utilizando o framework Tensorflow. As características da CNN implementada estão descritas na tabela 5.

Tabela 5: Camadas da Rede

| Camada | Tipo | Filtros | Neurônios | Kernel | Activação |
|--------|-----------------|---------|-----------|--------|-----------|
| 1 | Convolutacional | 64 | - | 3x3 | Relu |
| 2 | Convolutacional | 56 | - | 3x3 | Relu |
| 3 | Pooling | - | - | 2x2 | - |
| 4 | Convolutacional | 64 | - | 3x3 | Tanh |
| 5 | Convolutacional | 32 | - | 3x3 | Tanh |
| 6 | Pooling | - | - | 3x3 | - |
| 7 | Convolutacional | 32 | - | 3x3 | Relu |
| 8 | Convolutacional | 16 | - | 3x3 | Relu |
| 9 | Pooling | - | - | 2x2 | - |
| 10 | Dense | - | 512 | - | Relu |
| 11 | Dense | - | 1024 | - | Relu |
| 12 | Dense | - | 4 | - | Softmax |

Fonte: Autores (2021)

Treinamento e Resultados

Para o modelo, fora criado 10 treinamentos com parâmetros distintos de épocas e lotes, os resultados para os dados de teste estão descritos na tabela 6.

Tabela 6: Treinamentos

| Iteração | Épocas | Batch | Acurácia |
|----------|--------|-------|---------------|
| 1 | 10 | 15 | 71.74% |
| 2 | 10 | 4 | 65.22% |
| 3 | 10 | 20 | 60.87% |
| 4 | 50 | 10 | 67.39% |
| 5 | 10 | 8 | 76.09% |
| 6 | 20 | 8 | 63.64% |
| 7 | 10 | 2 | 76.09% |
| 8 | 10 | 5 | 63.04% |
| 9 | 10 | 10 | 58.7% |
| 10 | 10 | 20 | 65.22% |

Fonte: Autores (2021)

As parametrizações mostram que mesmo um número considerável de épocas, para este estudo, não influenciou explicitamente a acurácia como o valor do lote, este fora mais impactante.

CONCLUSÕES

O presente trabalho objetiva em estudar diferentes arquiteturas de *Deep Learning* para classificação de células neurais, a fim de obter um modelo consistente e com desempenho satisfatório para o conjunto de dados utilizado.

Fora realizado um estudo bibliográfico, mas especificamente uma revisão de literatura, a fim de conhecer as das principais ferramentas de digitalização neuronal bem como as principais técnicas de *Machine Learning*, em especial métodos de *Deep Learning*

aplicados ao objetivo deste trabalho. Até o momento da confecção deste relatório, os artigos se encontravam na avaliação de qualidade, porém resultados e conhecimentos obtidos até então, com respeito às ferramentas de digitalização, observou-se que as principais ferramentas de digitalização são a L-measure, um software java para extração de características a partir de dados em formato SWC e Neuromatic, uma ferramenta para o mesmo fim, observou-se, também, que o repositório mais popular de neurônios reconstruídos digitalmente fora o Neuromorpho e Celltypes.Brain-Map, os quais constam com arquivos textuais para a reconstrução digital.

Além disso, foi realizada a implementação de um modelo de rede convolucional e treinado a partir de um dataset de arquivos SWC de neurônios provenientes do Neuromorpho, o qual foram reconstruídos digitalmente utilizando o módulo btmorph. O modelo demonstrou uma acurácia máxima de 76.09% para os dados de teste.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi parcialmente financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) -DT-308334/2020; e pela Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) - Processo UNIVERSAL-01117/19. Agradecemos também aos revisores(as) pelas sugestões que muito auxiliaram na melhora do trabalho.

REFERÊNCIAS

IBM.. **Convolutional Neural Networks**. (IBM) Acesso em 1 de Agosto de 2021, disponível em <https://www.ibm.com/cloud/learn/convolutional-neural-networks>

KITCHENHAN, B. et al. **Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering**. Durham, EBSE Technical Report. 2007.

PEFFERS, K. et al. Design Science Research Methodology for Information Systems Research. **Journal of Management Information Systems**. V. 24, n. 3, p. 45-77, 2008.

PONTI, M. A.; COSTA, G. B. **Como funcionam a Deep Learning**. ISBN 978-85-7669-400-7, SN, p. 63-93, 2017

SHEN, D., WU, G., & SUK, H.-I. **Deep Learning in Medical Image Analysis**. **Annual Review of Biomedical Engineering**. Annual Review of Biomedical Engineering. V. 19, n. 1, p. 221-248, 2017

SPOLAOR, N., et al. **A systematic review of multi-label feature selection and a new method based on label construction**. Amsterdam. Neurocomputing, V. 180, SN, p. 3-15, 2016.

WEHRMANN, J., CERRI, R., BARROS, R. **Hierarchical multi-label classification networks**. International Conference on Machine Learning, V. 8, SN, p. 5225-5234, 2018.

WHOLIN, C. et al. **Experimentation in software engineering: an introduction**. New York . Springer-Verlag. 2012.

**PINTURAS INTUMESCENTES VERSUS ARGAMASSA
PROJETADA JATEADA: análise de desempenho e viabilidade
em estruturas metálicas**

Chrysthyan Rhayhan Souza de Oliveira¹

Clodoaldo Cesar Malheiros Ferreira²

INTRODUÇÃO

Mesmo com a crescente utilização das estruturas metálicas nas obras brasileiras em função das suas diversas vantagens em termos de agilidade e organização quando comparado a outras técnicas construtivas, o concreto ainda tem ampla preferência dos construtores, devido a uma série de fatores econômicos e históricos.

Aliado a esses fatores, um outro ponto que dificulta a expansão dessa metodologia para o seu total potencial de uso é a fragilidade do aço quando submetido a altas temperaturas, pois ele acaba perdendo sua resistência e rigidez, além de criar outros esforços solicitantes em consequência da dilatação térmica que o material sofre (VARGAS; SILVA, 2005 *apud* BASSO, 2016). A alta temperatura que ocorre na estrutura é uma consequência direta da ação térmica, que “é a ação na estrutura descrita por meio do fluxo de calor (Q), por radiação e por convecção, provocado pela diferença de temperatura entre os gases quentes do ambiente em chamas e os componentes da estrutura” (SILVA, 1997, p.4).

¹ Graduado do curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão; Bolsista PIBIC/UEMA.

² Professor Mestre do curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão.

Em função disso, a edificação irá sofrer diversas consequências, e se tratando dos exemplos construídos em aço, essas problemáticas estarão no âmbito das propriedades tanto mecânicas quanto térmicas do material, influenciando em diversos pontos de atuação. Primordialmente, deve-se observar a relação do fogo com o limite de escoamento do aço, além de seu módulo de elasticidade, onde “A exposição do aço a altas temperaturas faz degenerar suas características físicas e químicas, o que causa redução de rigidez e de resistência” (MARTINS, 2000, p.37).

Dado isso, existem fatores de redução tanto para o limite de escoamento quanto para o módulo de elasticidade, conhecidos respectivamente como $k_{y,\theta}$ e $k_{E,\theta}$, que são inversamente proporcionais ao aumento da temperatura. Para perfis laminados, em torno dos 500°C já ocorre uma redução de 22% no limite de escoamento (MARTINS, 2000), enquanto para perfis formados a frio, a redução já se inicia aos 200°C com perda de aproximadamente 11% da mesma propriedade (PIERIN, 2011).

Contudo, o que vários construtores não sabem é que existem normas que regulamentam o dimensionamento e os requisitos para a execução de estruturas metálicas em situação de incêndio, como a NBR 14323:2013 e a NBR 14432:2000, além de diversas normas e manuais estrangeiros. É notório que uma estrutura segura contra incêndio é aquela que tem grandes chances de suportar os esforços advindos do aumento da temperatura. A partir disso, pode-se afirmar

que os elementos estruturais e de compartimentação devem manter sua estabilidade e resistência ao fogo por tempo suficiente para possibilitar a fuga dos ocupantes do edifício, a segurança das operações de combate a incêndio e a proteção do próprio edifício (NEVES, 1994 *apud* BERNARDES, 2002).

Percebe-se que o tempo de evacuação da edificação é o ponto vital da história, sendo por esse motivo que diversas normas nacionais e internacionais utilizam o tempo como parâmetro principal, associando-o a curva padrão de incêndio presente nas mesmas. Esse tempo é conhecido como Tempo Requerido de Resistência ao Fogo (TRRF), sendo definido pela NBR 14432 como “tempo mínimo de resistência ao fogo, preconizado por esta norma, de um elemento construtivo quando sujeito ao incêndio-padrão” (ABNT, 2000, p.3).

O TRRF depende do tipo de edificação que está sendo analisada e gira em torno de alguns principais fatores, como o “tipo de ocupação e qual uso será feito nela, porte da edificação em função do seu uso, área da edificação total ou de pavimentos dela, carga de incêndio específica da funcionalidade da edificação, altura do edifício e de sua compartimentação” (BERNARNES, 2002, p.19). A NBR 14432:2000 apresenta o método tabular, que traz os TRRF de 30, 60, 90 e 120 minutos, sendo cada um especificado para os fatores que já foram citados. Existem edificações que dispensam de uma análise de verificação da segurança estrutural em situação de incêndio, segundo

a NBR 14432:2000, em função a suas características próprias, como estruturas com área reduzida ou de apenas um andar.

Juntamente a essas regulamentações, existem técnicas adotadas para resguardar mais a estrutura numa situação de incêndio, conhecidas com proteções ativas e passivas. A NBR 14432 define proteção ativa como “Tipo de proteção contra incêndio que é ativada manual ou automaticamente em resposta aos estímulos provocados pelo fogo, composta basicamente das instalações prediais de proteção contra incêndio” (ABNT, 2000, p.3). Ou seja, esse tipo de proteção vem com o intuito de combater e tentar cessar um incêndio que já está ocorrendo, evitando que o fogo tenha contato com diversos pontos estruturais da edificação de maneira mais direta, ou seja, sua propagação em grande escala. Alguns exemplos de proteções ativas são os extintores de incêndio, sprinklers, hidrantes, e sistemas de iluminação.

Já a proteção passiva é definida pela NBR 14432 como o conjunto de medidas incorporado a edificação, sendo funcional durante o uso da mesma e que reage passivamente ao desenvolvimento do incêndio, não estabelecendo condições propícias a seu crescimento (ABNT, 2000). Ou seja, esse tipo de proteção é utilizado com a intenção de se precaver antes mesmo do primeiro foco de incêndio, garantindo mais chances que a edificação resista a essa problemática até ser totalmente evacuada, caracterizando assim um pensamento a longo prazo.

O principal tipo de proteções passivas para estruturas metálicas são os materiais de proteção térmica, que são utilizados quando a peça estrutural não resiste às solicitações de cálculo em situação de incêndio, ou seja, para o TRRF estabelecido por norma para a edificação, o aço irá atingir temperaturas que geram redução de sua resistência (BERNARDES, 2002). Isso garante que o aço tenha uma resistência de acordo com a solicitação que será gerada com o incêndio, por meio do resguardo térmico que ele causa ao elemento de aço. Os dois principais materiais de proteção térmica utilizados são a tinta intumescente e a argamassa projetada.

A pintura intumescente é constituída de polímeros que se expandem quando chegam aos 200°C, elevando seu volume quase como uma espuma, que diminui o tempo de ação das chamas diretamente com o aço, garantindo maior segurança (VARGAS; SILVA, 2005). Seu sistema de aplicação é baseado no primer, tinta intumescente e tinta de acabamento, sendo necessário retirar todas as substâncias que não fazem parte da superfície do aço antes da aplicação da tinta. como principal vantagem seu aspecto decorativo e estético, além de um acréscimo de carga na estrutura que pode ser desconsiderado. Essa categoria de proteção passiva geralmente é vendida com seu Tempo Requerido de Resistência ao Fogo com valores de 30, 60, 90 e 120 minutos.

Já a argamassa projetada jateada tem sua composição química composta basicamente por gesso (aproximadamente 80% do peso

seco), cimento Portland, resinas acrílicas e cargas inertes, por exemplo, poliestireno expandido, celulose, entre outros (PANNONI, 2007), sendo aplicada, como o próprio nome diz, por jateamento. É bastante utilizada pelo baixo custo de implantação e por ter um maior tempo de resistência ao fogo (em torno de 240 minutos), porém seu aspecto de chapisco não a torna tão atrativa em locais com grande visibilidade quanto a tinta.

O artigo vem com o intuito de analisar o desempenho dos dois materiais de proteção térmica em perfis metálicos sob ação do fogo e submetidos a força axial de compressão por meio de experimentos, além de verificar a viabilidade financeira de aplicação dos mesmos em relação aos custos do mercado atual de proteção passiva.

METODOLOGIA

A pesquisa contou com diversas etapas primordiais para que se chegasse aos resultados esperados. As principais fases foram: Pesquisa bibliográfica, compra dos materiais e instrumentos, preparo e medição dos perfis metálicos, aplicação da tinta intumescente, aplicação da argamassa projetada, definição do método de ensaio, ensaios dos perfis metálicos e, por fim, a análise de viabilidade financeira.

Pesquisa Bibliográfica

Primeiramente, uma extensa pesquisa bibliográfica sobre o assunto foi realizada, consultando a NBR 14323:2013 (Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios em situação de incêndio), NBR 14432:2000 (Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento). Houve também consultas a NBR 8800:2008 e a NBR 14762:2010 para a parte do dimensionamento dos perfis à compressão, além de manuais estrangeiros, como o Yellow Book. Além disso, pessoas com expertise na área de proteção passiva e com trabalhos divulgados para a comunidade científica foram contatadas para que se pudesse ter uma noção dos experimentos a serem realizados.

Compra dos materiais e instrumentos

Nessa etapa, foi realizada uma lista com todos os materiais que eram necessários para os ensaios propostos, e após isso, iniciou-se uma extensa cotação de preços, em busca de produtos e equipamentos da melhor qualidade, com preço que pudesse se encaixar no orçamento. Alguns exemplos de materiais que seriam necessários: Perfis metálicos, termômetros industriais, termopares e data loggers, escovas de aço e lixas de ferro, luvas e óculos protetores, maçaricos de aquecimento, entre outros.

Pode-se destacar a definição dos perfis metálicos utilizados no ensaio. Os 3 tipos de perfis escolhidos foram: Cantoneira, U e I, sendo

2 corpos de prova para cada tipo de proteção passiva e para cada tipo de perfil, além das peças restantes que não tiveram revestimento aplicado, servindo assim como comparação de resultados, totalizando 18 perfis utilizados. Além disso, os comprimentos dos corpos de prova foram estabelecidos em função da dimensão da prensa hidráulica presente no Laboratório de Concreto e Materiais de Construção, no NUTENGE – UEMA, que é de aproximadamente 30 x 30 cm. Com isso, ficou definido o comprimento de 25 cm para os corpos de prova.

Em função do elevado custo de aquisição e dificuldade no transporte dos perfis I e Cantoneira quando cotados em lojas especializadas em aço, os mesmos foram adquiridos em locais de descarte de resíduos, conhecidos como sucatoões. Buscou-se escolher os perfis com o melhor estado possível, para facilitar a etapa de tratamento dos corpos de prova. Em contrapartida, foi possível comprar o perfil U em loja revendedora, que mantém o padrão de qualidade do material mais elevado.

Além disso, foram compradas 36 chapas com dimensão 10 x 10 cm para soldá-las nas extremidades dos perfis, com o intuito de garantir uma compressão mais uniforme sob os corpos de prova, visto que o corte para adequação a dimensão da prensa ocasionou algumas irregularidades no final dos corpos de prova, sendo esse local que ficaria em contato com a máquina, consequentemente gerando esforços em direções não desejáveis.

Preparo e medição dos perfis metálicos

A NBR 15239 afirma que existem diferentes graus de intemperismo de superfície de aço sem pintura, que variam do grau A, que caracteriza menor desgaste, até o grau D, que é referente a um perfil com maior desgaste (ABNT, 2005). A partir disso, foi definido que a superfície dos corpos de prova deveria alcançar o grau A, com pouca ou nenhuma corrosão, onde para se atingir esse objetivo, primeiramente seriam utilizados tratamentos manuais e mecânicos.

Primeiramente, foi aplicado um spray antiferrugem que atuou por 24 horas. Após isso, iniciou-se o tratamento manual com a escovação dos corpos de prova por meio de escova com arame de aço, e em seguida, seu lixamento, seguindo as recomendações da norma já apresentada. Contudo, alguns perfis não alcançaram o grau A de aspecto de superfície, e por isso foi necessário o tratamento mecânico por meio do jateamento de areia, que utiliza ar comprimido por uma bomba para impulsionar resíduos abrasivos sobre a superfície do aço.

Figura 1 - Aplicação do spray antiferrugem



Fonte: Autor (2021)

Após a etapa de preparo, os perfis foram medidos para confirmar as dimensões que foram pré-estabelecidas. Essas variáveis foram vitais para os cálculos das propriedades e cargas resistentes dos perfis, que serviram como um dos parâmetros de comparação. O instrumento utilizado para medição foi o paquímetro, e foi feita em pontos específicos, relacionados as abas, mesas, almas e espessura, para que se pudesse correlacionar os valores com alguma das classificações que as tabelas de bitolas disponíveis pelos fabricantes do mercado.

O perfil cantoneira foi caracterizado como sendo laminado, de abas iguais de 2 polegadas com $\frac{1}{4}$ polegadas de espessura e 25 cm de comprimento. Já o perfil I se enquadrou como sendo laminado, de 3 polegadas com 6,38 mm de espessura na alma, e 25 cm de comprimento. Por fim, o perfil U é simples e formado a frio, com largura da alma de 75,2 mm, largura da aba de 42,7 mm, espessura da alma e da aba de 3,5 mm. Com essa definição, os corpos de prova foram enviados para uma fábrica especialista em soldagem para que as chapas metálicas que garantiriam a compressão uniforme fossem soldadas.

Figura 2 - Perfil I utilizado nos ensaios



Fonte: Autor (2021)

Aplicação da tinta intumescente

Nessa fase, 6 perfis (2 cantoneiras, 2 perfis I e 2 perfis U) foram enviados ao estado de São Paulo, para a empresa CKC DO BRASIL, para que a pintura intumescente fosse aplicada de maneira correta e com um controle tecnológico rigoroso na medição das espessuras aplicadas, para que se que garanta o TRRF requerido ao corpo de prova.

Primeiramente, ocorreu a aplicação do primer, para se garantir uma proteção contra a ação de intempéries (redução da oxidação) e maior uniformidade na aplicação. Para os perfis enviados, foi utilizado o primer anticorrosivo Hammerite, com a aplicação de uma demão que variou entre 80 e 100 microns. Após essa

etapa e aguardado o tempo de intervalo necessário entre demãos, iniciou-se a aplicação da pintura intumescente nos perfis. A tinta escolhida foi a Audax Renitherm PMA 600 HD, que garante o TRRF de até 60 minutos.

Foi definido que para os corpos de prova, a aplicação do revestimento ocorreria para TRRF de 30 e 60 minutos, 3 perfis cada. Essas espessuras utilizadas relacionaram os valores apresentados pela carta de cobertura da fabricante do material com o fator de massividade calculado para os perfis. Após a aplicação, ocorreu a verificação das espessuras aplicadas e os perfis foram identificados com as respectivas micragens utilizadas.

Figura 3 - Aplicação da tinta intumescente



Fonte: Autor (2021)

Aplicação da argamassa projetada

Para que a aplicação da argamassa projetada jateada, os 6 últimos perfis também foram enviados ao estado de São Paulo, agora para a empresa PCF SOLUÇÕES EM ENGENHARIA, especialista em proteção passiva de estruturas metálicas, para que novamente se garantisse um controle tecnológico de aplicação do material.

A argamassa projetada aplicada foi a Cafco 300, que tem como fabricante a ISOLATEK INTERNATIONAL. Essa argamassa admite espessuras máximas de 65 mm para vigas e 108 mm para pilares, sendo esse intervalo de tamanho estipulado pela empresa na hora de se revestir os corpos de prova. O TRRF do material é de até 240 minutos.

Figura 4 - Argamassa aplicada nos perfis



Fonte: Autor (2021)

Método de ensaio

Foi elaborado um método específico de ensaio em consequência da ausência de norma vigente no Brasil que traga a padronização de um experimento que venha com o intuito de ensaiar perfis metálicos revestidos com proteção passiva sob ação do fogo submetidos a cargas axiais e verificar sua resistência à compressão, além da dificuldade de se conseguir os equipamentos necessários para simular um ensaio de incêndio baseado em uma das curvas de incêndio-padrão ou de incêndio natural.

Nesse método, a carga axial será efetuada pela prensa que está presente no laboratório, e para a carga de incêndio, será utilizado um maçarico a base de gás butano (presente em botijões de gás de cozinha). Os corpos de prova foram colocados na prensa, em que suas extremidades (onde foram soldadas as chapas para que a compressão fosse uniforme) foram colocadas em contato com a face dos pistões da máquina. Após isso, foi definido o posicionamento do termômetro industrial, modelo HIKKARI HT-550, que foi responsável pela leitura das temperaturas dos ensaios na área de contato direta entre as chamas e o perfil ensaiado, além do posicionamento do termopar tipo K conectado ao leitor de temperatura Field Logger, que efetuou a leitura de temperatura da face que não sofreu a ação direta do fogo, sendo o mesmo fixado por uma haste.

Os ensaios foram divididos em 3 etapas, sendo elas: Perfis sem proteção, perfis com tinta intumescente e perfis com argamassa projetada. Para essas 3 etapas, foram definidas situações de encerramento dos experimentos, que foram: Caso ocorresse a ruptura ou flambagem do perfil devido à compressão; Caso o perfil alcançasse o limite de aplicação de carga da prensa (100 toneladas); Caso o ensaio já estivesse ocorrendo por mais de 30 minutos. Para todos os perfis do experimento, a flambagem foi o agente finalizador.

Nos ensaios com os corpos de prova sem os materiais de proteção térmica, cada um dos 6 perfis (2 cantoneiras, 2 perfis U e 2 perfis I), após serem posicionados na prensa, sofreram um aquecimento prévio de por meio do maçarico durante um intervalo de tempo estabelecido (30 segundos), e em seguida iniciou-se a aplicação da carga pela prensa hidráulica, onde a aplicação do fogo continuou ocorrendo paralelamente a aplicação das forças axiais. A medição de temperatura ocorreu em intervalos de 30 segundos por meio do termômetro industrial, e para a coleta de dados do termopar, foi especificado 20 segundos para os 3 primeiros perfis, e 15 segundos para os 3 últimos.

Para os ensaios com os perfis revestidos pela pintura intumescente, novamente os 6 perfis, sendo 2 de cada classificação, foram posicionados na prensa. Contudo, conforme já explicitado, metade dos corpos de prova (1 de cada classificação) estavam com a proteção passiva que garantia o TRRF de 30 minutos, e a outra

metade estava protegida para 60 minutos. A partir disso, dividiu-se o aquecimento prévio em 2 tempos: Para os perfis com tempo de resistência de 30 minutos, o aquecimento prévio teve duração de 10 minutos; Para os corpos de prova com TRRF de 60 minutos, o aquecimento prévio teve duração de 15 minutos.

Após passados o tempo de aquecimento prévio, iniciou-se a aplicação da carga axial, em que a prensa foi ativada, e o fogo continuou sendo aplicado pelo maçarico, que realizou movimentos leves para que o aquecimento ocorresse nas 3 faces que deveriam ser expostas ao fogo. As leituras de temperatura nos perfis com a tinta ocorreram em intervalos de 30 segundos pelo termopar posicionado na face oposta ao fogo, e em intervalos de 30 e 60 segundos pelo termômetro industrial nas faces em contato direto com as chamas, onde essa medição ocorreu até que as temperaturas alcançassem 550 °C, máxima temperatura lida pelo instrumento.

Figura 5 - Processo de intumescência nos perfis aquecidos



Fonte: Autor (2021)

Por fim, os ensaios dos perfis revestidos com a argamassa projetada tiveram uma metodologia de ensaio parecida com a realizada nos perfis com a tinta intumescente, onde novamente cada um dos 6 perfis foram posicionados na prensa, e 3 deles tiveram o aquecimento prévio de 10 minutos, e os outros 3 restantes tiveram por 15 minutos, e logo após a compressão foi iniciada, mantendo a aplicação das chamas simultaneamente. A diferença ocorreu nas leituras de temperatura, em que o termômetro industrial realizou em intervalos de 30 e 60 segundos, em cada face aquecida do perfil (1 minuto de aquecimento por face), e as leituras do termopar mantiveram-se em intervalos de 30 segundos.

Figura 6 - Aquecimento de perfil com argamassa



Fonte: Autor (2021)

Análise de viabilidade financeira

Primeiramente, foram feitas uma listagem com todos os principais produtos e máquinas utilizadas na aplicação das proteções, onde consultou-se as empresas que realizaram o procedimento de revestimento dos corpos de prova. Com esses tópicos em mãos, foi feita uma cotação de seus valores com as empresas e com fornecedores paralelos, para que se tenha uma média de preços no mercado atual.

Por fim, os resultados foram analisados por meio de tabelas, demonstrando o valor de cada insumo, sua rentabilidade e qualidade do material (para as proteções passivas, esse estudo foi feito baseando-se no TRRF de cada material), demonstrando qual seria o material mais econômico no geral. Não foi levado em conta os aspectos de utilização de energia para ligar as máquinas, nem de água para solubilizar as tintas, uma vez que são fatores subjetivos, variando entre localidades e método de aplicação empregado.

RESULTADOS

Perfis sem revestimento

Os ensaios realizados nos perfis sem proteção passiva tinham como objetivo servir de parâmetro de comparação para os ensaios dos corpos de prova com os revestimentos, uma vez que seu aquecimento prévio foi de 30 segundos, ou seja, os perfis não atingiram temperaturas que diminuiriam sua rigidez e resistência,

simulando assim os efeitos de um incêndio em sua etapa inicial (ignição), que ainda manteria a estabilidade da edificação.

Em todos os perfis, as leituras realizadas pelo termômetro industrial são referentes a face em contato direto com as chamas, e as realizadas pelo termopar são referentes a face oposta a chama dos perfis, conseqüentemente atingindo valores menores. Para todos os ensaios dessa etapa, a ruptura do perfil em função da compressão aplicada pela prensa foi a causa finalizadora do ensaio.

Tabela 2 - Resultados dos ensaios em perfis sem revestimento

| Perfis | Cant. 1 | Cant. 2 | I 1 | I 2 | U 1 | U 2 |
|-----------------------------------|---------|---------|-------|--------|-------|--------|
| Temp. máxima pelo termômetro (°C) | 191.38 | 147.01 | 233.1 | 235.6 | 244.5 | 135.4 |
| Temp. máxima pelo termopar (°C) | 104.42 | 66.32 | 68.8 | 109.88 | 60.46 | 107.82 |
| Tempo de ensaio (segundos) | 60 | 90 | 120 | 120 | 60 | 50 |
| Carga de ensaio (toneladas) | 18.99 | 19.03 | 49.43 | 47.79 | 13.02 | 14.61 |
| Média das cargas | 19.01 | | 48.61 | | 13.82 | |

Fonte: Autor (2021)

Figura 7 - Perfis I sem tinta após ação do fogo e compressão



Fonte: Autor (2021)

Perfis com tinta intumescente

Para os perfis com tinta intumescente, a aplicação foi realizada com o intuito de garantir a resistência de 30 e 60 minutos contra o fogo, o que modificou as espessuras aplicadas. Essa variável, diretamente ligada ao cálculo do fator de massividade do perfil, é dividida em espessura de tinta úmida (WFT) e seca (DFT). Segundo os cálculos dos especialistas da empresa CKC DO BRASIL, os fatores de massividade e as espessuras a serem aplicadas após observar a carta de cobertura da tinta intumescente utilizada estão apresentados na tabela a seguir.

Tabela 3 - Massividade dos perfis e espessuras aplicadas

| Perfis | Cant. 1 | Cant. 2 | I 1 | I 2 | U 1 | U 2 |
|---------------------------------|---------|---------|--------|-------|--------|-----|
| Fator de massividade (m-1) | 236,22 | | 270,18 | | 505,02 | |
| Espessura WFT de tinta (µm) | 240 | 570 | 250 | 660 | 400 | 800 |
| Espessura DFT de tinta (mm) | 0.173 | 0.415 | 0.181 | 0.477 | X | X |
| TRRF para a espessura (minutos) | 30 | 60 | 30 | 60 | 30 | 60 |

Fonte: Autor (2021)

Os ensaios ocorreram com cerca de 20 vezes mais tempo de aplicação das chamas em relação aos perfis sem proteção passiva (10 e 15 minutos de aquecimento prévio), o que gerava a expectativa de se atingir temperaturas muito mais elevadas, que alterariam em grande proporção a resistência e rigidez do material caso não houvesse a pintura. Os resultados obtidos estão apresentados na tabela 3.

**Tabela 4 - Resultados dos ensaios em perfis com tinta
 intumescente**

| Perfis | Cant. 1 | Cant. 2 | I 1 | I 2 | U 1 | U 2 |
|-----------------------------------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|
| Aquecimento prévio (segundos) | 600 | 900 | 600 | 900 | 600 | 900 |
| Temp. máxima pelo termômetro (°C) | 550 | 550 | 550 | 550 | 550 | 550 |
| Temp. máxima pelo termopar (°C) | 164.75 | 135.72 | 160.22 | 131.39 | 149.93 | 121.82 |
| Tempo de ensaio (segundos) | 660 | 918 | 660 | 940 | 612 | 930 |
| Carga de ensaio (toneladas) | 18.13 | 15.57 | 59.3 | 43.88 | 14.11 | 13.93 |

Fonte: Autor (2021)

Observa-se que as temperaturas máximas lidas pelo termômetro ficaram em 550°C, uma vez que esse é a maior leitura que o instrumento atinge. Contudo, grande parte desses valores foram atingidos em torno de 420 segundos de experimento, podendo-se concluir que temperaturas mais elevadas podem ter sido atingidas, uma vez que os perfis foram aquecidos por mais tempo. Mesmo assim, quando se faz a razão entre a carga resistente do perfil com tinta em relação a média das cargas resistentes dos perfis sem revestimento, observa-se que o menor valor é o da carga do perfil cantoneira 2 (155,7 KN), que equivale a 81,90% da carga média das cantoneiras sem proteção (190,01 KN), sendo esse um valor aceitável, em função da quantidade de fogo aplicado a mais nos perfis com a tinta, onde o material garantiu a proteção das peças.

Figura 8 - Cantoneiras com tinta após ação do fogo e compressão



Fonte: Autor (2021)

Perfis com argamassa projetada

Para os ensaios referentes aos corpos de provas revestidos com a argamassa projetada jateada, ocorreu novamente o aquecimento prévio dos perfis em tempos de 10 e 15 minutos (3 perfis cada), conforme estabelecido na metodologia. Os principais resultados estão apresentados na tabela a seguir.

Tabela 5 - Resultados dos ensaios nos perfis com argamassa projetada

| Perfis | Cant. 1 | Cant. 2 | I 1 | I 2 | U 1 | U 2 |
|-----------------------------------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|
| Aquecimento prévio (segundos) | 600 | 900 | 600 | 900 | 600 | 900 |
| Temp. máxima pelo termômetro (°C) | 550 | 550 | 550 | 550 | 550 | 550 |
| Temp. máxima pelo termopar (°C) | 42.96 | 40.59 | 32.77 | 31.33 | 52.02 | 45.02 |
| Tempo de ensaio (segundos) | 622 | 915 | 616 | 972 | 611 | 912 |
| Carga de ensaio (toneladas) | 19.06 | 18.98 | 41.36 | 50.02 | 14.77 | 14.65 |

Fonte: Autor (2021)

Percebe-se que as temperaturas lidas pelo termômetro industrial novamente atingiram 550°C, o que também causaria danos as propriedades do aço caso a estrutura não estivesse revestida com proteção de até 240 minutos. Observa-se que as temperaturas lidas pelo termopar foram inferiores que as dos outros ensaios, uma vez que a espessura de argamassa aplicada foi maior, o que não possibilitou a total transmissão e condução de calor para a superfície do material.

A argamassa projetada garantiu que a menor redução de carga em relação as peças com e sem esse material ocorresse no perfil I 1 (413,6 KN), que equivale a 85,09% da carga média dos perfis do mesmo tipo, mas sem proteção (486,1 KN), sendo um valor aceitável para as temperaturas alcançadas.

Figura 9 - Perfis I com argamassa após ensaio



Fonte: Autor (2021)

Análise de viabilidade econômica

Para a etapa de viabilidade econômica, primeiramente, cotou-se o preço do primer utilizado no experimento, da marca Hammerite, em 4 lojas: Politintas, Outlet das Tintas, Shopee e Extra, em que o preço médio encontrado foi de 145,33 reais.

Tabela 6 - Cotação do primer anticorrosivo

| PRIMER ANTICORROSIVO HAMMERITE 2,4 L | | | | | | | |
|---|------------|-------------------|------------|------------|--|--|--|
| Loja | Politintas | Outlet das tintas | Shopee | Extra | | | |
| Valor | R\$ 149.90 | R\$ 119.90 | R\$ 157.51 | R\$ 154.00 | | | |
| Média | 145.33 | | | | | | |

Fonte: Autor (2021)

Após essa etapa, foi realizada a cotação dos equipamentos que podem ser utilizados na aplicação da tinta intumescente, sendo eles o pincel, o rolo lã de carneiro e a pistola airless. As cotações estão apresentadas na tabela a seguir.

Tabela 7 - Cotações de instrumentos para pintura

| PINCEL PARA APLICAÇÃO DE TINTA | | | | | | |
|---------------------------------------|-----------------|---------------|----------------|---------------|--|--|
| Loja | L. do Pedreirão | Maxima Cor | Casa e Constr. | | | |
| Valor | R\$ 16.90 | R\$ 17.99 | R\$ 13.99 | | | |
| Média | 16.29 | | | | | |
| ROLO LÃ DE CARNEIRO PARA TINTA | | | | | | |
| Loja | Ferreira Costa | Leroy Merlin | Redelease | Obramax | | |
| Valor | R\$ 44.00 | R\$ 31.90 | R\$ 27.90 | R\$ 16.00 | | |
| Média | 29.95 | | | | | |
| PISTOLA AIRLESS PARA TINTA | | | | | | |
| Loja | Americanas | Mercado Livre | Americanas | Mercado Livre | | |
| Valor | R\$ 167.61 | R\$ 590.00 | R\$ 168.10 | R\$ 219.00 | | |
| Média | 286.18 | | | | | |

Fonte: Autor (2021)

Após isso, a cotação da tinta intumescente utilizada nos ensaios ocorreu, sendo ela a Audax Renitherm 600 PMA HD. A consulta foi realizada diretamente com a distribuidora dela no Brasil, que é a CKC DO BRASIL, justamente quem auxiliou na aplicação das tintas. Após a apuração, observou-se que o preço dessa tinta tem o mesmo valor que a de sua categoria superior (1200 PMA HD, que atinge TRRF de até 180 minutos), custando 1600 reais a lata de 25 kg na distribuidora.

Com todos esses orçamentos realizados, pode-se obter o preço da maioria dos produtos que são utilizados numa aplicação de tinta intumescente. Não se considerou nessa análise a utilização de água na dissolução da tinta, nem o consumo de energia elétrica pelo compressor (caso a pistola airless seja utilizada), por serem fatores extremamente variáveis entre obras e localidades. O resumo é apresentado a seguir, em que se percebe que utilizar o pincel para aplicação possibilita o menor valor, contudo, cada obra deve analisar sua produtividade em relação ao instrumento que pretende utilizar.

Tabela 8 - Custo dos insumos básico para aplicação da tinta

| CUSTO TOTAL TINTA INTUMESCENTE | | |
|---------------------------------------|-----|----------|
| Tinta + Primer | R\$ | 1,745.33 |
| Tinta + Primer + Pincel | R\$ | 1,761.62 |
| Tinta + Primer + Rolo | R\$ | 1,775.28 |
| Tinta + Primer + Pistola | R\$ | 2,031.51 |

Fonte: Autor (2021)

Os insumos para se aplicar a argamassa projetada são basicamente a própria argamassa projetada e o projetor de argamassa. Após consulta a empresa PCF SOLUÇÕES EM ENGENHARIA confirmou-se que o saco de 20 kg de argamassa tem o custo de 200 reais, tendo rendimento de 6 m² de produto aplicado por saco, aproximadamente (valores de rendimento variam em função da espessura a ser aplicada, ou seja, do TRRF da estrutura).

O projetor de argamassa foi cotado em 3 lojas, onde não se levou em consideração o preço do compressor que é conectado ao projetor, em função de que na maioria das vezes esse equipamento é alugado. Os valores do projetor estão apresentados a seguir.

Tabela 9 - Cotação do projetor de argamassa

| PROJETOR DE ARGAMASSA | | | | | | |
|------------------------------|---------|---------|-----------|--------|-------|--------|
| Loja | Madeira | Madeira | Ferragens | Shop | Casas | Bahia |
| Valor | R\$ | 300.00 | R\$ | 359.00 | R\$ | 350.00 |
| Média | | | | 336.33 | | |

Fonte: Autor (2021)

Por fim, elaborou-se a cotação dos insumos básicos totais para aplicação da argamassa. Não se considerou novamente a quantidade de água necessária para diluir o material, e nem a energia para que se acione o projetor ligado ao compressor. Os resultados estão na tabela 9.

Tabela 10 - Custo dos insumos básico para aplicação da argamassa

| CUSTO TOTAL ARGAMASSA PROJETADA | | |
|--|-----|--------|
| Argamassa Cafco 300 | R\$ | 200.00 |
| Argamassa + Projetor | R\$ | 536.33 |

Fonte: Autor (2021)

Analisando os preços finais de comparação da argamassa projetada com o da tinta intumescente, observa-se que o orçamento

mais em conta para a tinta foi o que utilizou o pincel (1745,33 reais), enquanto o orçamento da argamassa e o projetor foi de 536,33 reais, valor bem inferior, o que já era esperado pelo panorama do mercado de proteções passivas.

Contudo, deve-se ter muito cuidado ao verificar esses valores, pois cada obra tem suas situações e exceções, e pede um material para uma problemática correspondente. Por exemplo, caso use-se o pincel como aplicação da tinta, durante um longo período de tempo, esse pode sair mais em conta do que a aplicação da argamassa, pois como já foi dito, o valor apresentado não contém o custo de aluguel de um compressor que projeta esse material na edificação.

CONCLUSÕES

O comparativo principal da pesquisa foi verificar se os corpos de provas metálicos sem a proteção passiva e que tiveram a atuação reduzida das chamas, onde as temperaturas que não tem a influência direta nas propriedades do aço, resistiriam a valores de cargas de compressão próximas aos perfis metálicos que tinham o revestimento térmico aplicado, porém expostos à ação do fogo por intervalos de tempo mais prolongados, analisando a equivalência de cargas entre esses resultados.

Conforme o andamento dos ensaios, percebeu-se uma série de variáveis que podem ter influenciado em algum momento dos experimentos, como a movimentação do maçarico no aquecimento,

a posição de leitura do termômetro, a distância da haste fixadora do termopar até o perfil, a não padronização da fonte de calor, o deslocamento dos corpos de prova durante a compressão, entre outros. Porém, foi dado prioridade máxima para que isso não ocorresse.

Quando se observa as cargas resistentes finais dos perfis ensaiados, observa-se que a maior redução de carga para os corpos de prova revestidos com tinta intumescente ocorreu na cantoneira 2, em que sua carga de ensaio (15,57 toneladas) equivale a 81,90% da média das cargas de ensaio dos perfis cantoneira sem revestimento (19,01 toneladas), sendo um valor aceitável para as temperaturas alcançadas no ensaio.

Já para os perfis revestidos com argamassa projetada, a maior redução de carga ensaiada ocorreu no perfil I 1, que é de 41,36 toneladas, equivalente a 85,09% da média resistente dos perfis I sem proteção passiva, que é de 48,61 toneladas, também estando dentro da margem esperada. Isso demonstra que ambos os materiais tem sua função comprovada, ou seja, garantem com excelência a proteção de estruturas metálicas contra incêndio. Além disso, comprova a maior resistência dos perfis com argamassa projetada (TRRF de 240 minutos), visto que quase todos os perfis com argamassa projetada tiveram cargas iguais ou superiores à média dos perfis sem proteção, enquanto 3 dos 6 perfis com tinta intumescente tiveram esse

resultado (lembrando que a tinta aplicada garantia proteção máxima de apenas 60 minutos).

Em relação a análise de viabilidade financeira, aplicação da tinta intumescente juntamente com o primer anticorrosivo e o pincel foi a que teve os menores preços para esse material, custando 1745,33 reais, enquanto a aplicação da argamassa com o projetor custou 536,33 reais. Essa análise deve ser observada com cuidado, uma vez que mesmo se sabendo que a pintura intumescente seria mais cara pelo mercado atual, ela pode ter um aproveitamento mais rápido do que a argamassa dependendo do modo de aplicação, e além disso, os custos com aluguel ou compra do compressor para o projetor ao longo prazo podem custar mais. Todas essas análises são necessárias para que se possa executar uma obra em aço econômica e segura.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14323**: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios em situação de incêndio. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14432**: Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações - Procedimento. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15239**: Tratamento de superfícies de aço com ferramentas manuais e mecânicas. Rio de Janeiro, 2005.

BASSO, Guilherme. **Proteção passiva em estruturas metálicas: desempenho de pinturas intumescentes**. 2016. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

BERNARDES, Guilherme Franco. **Dimensionamento em situação de incêndio de perfis em aços estruturais convencionais e aços resistentes ao fogo**, 2002. 293 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.

MARTINS, Michele Mendonça. **Dimensionamento de estruturas de aço em situação de incêndio**, 2000. 213 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2000.

PANONNI, Fábio Domingos. **Princípios da proteção de estruturas metálicas em situação de corrosão e incêndio**. 4. ed. [s.l.]: Gerdau, 2007. 90p. (Coletânea do uso do aço).

PIERIN, Igor. **A instabilidade de perfis formados a frio em situação de incêndio**, 2011. 243 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

SILVA, Valdir Pignatta e. **Estruturas de aço em situação de incêndio**, 1997. 170 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

VARGAS, Mauri Resende; SILVA, Valdir Pignatta e. **Resistência ao fogo das estruturas de aço**. Rio de Janeiro: IBS/CBSA, 2005.

**SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO APLICADA A ANÁLISE
DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM PROJETO
FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE ELÉTRICA EM UMA
ESCOLA.**

Wellinton de Assunção¹

Franklin Lima Júnior²

INTRODUÇÃO

Segundo Norberto; Gonzalez-Brambila; Matsumoto (2016) o carvão foi o principal combustível durante o período da Revolução Industrial marcada por grande transformação dos processos produtivos, onde os métodos artesanais foram substituídos por máquinas, provocando um aumento de demanda de energia elétrica.

Com aquecimento global e as suas consequências ambientais no planeta têm levado ao aumento da produção de energia, a partir de fontes renováveis ou limpas. Uma dessas fontes é o sol, que contribui, entre outros, para a produção de eletricidade – denominada energia solar fotovoltaica (ANEEL, 2017). O uso de fontes de energia renovável reduz a dependência de combustíveis fósseis e, conseqüentemente, diminui a emissão de gases de efeito estufa (QUEIROZ et al., 2016). Nesse aspecto, a radiação solar possui a capacidade de produzir energia de forma limpa, além de ser inesgotável (AUDENAERT et al., 2010).

¹ Professor Doutor do curso de Engenharia de Produção da Universidade Estadual do Maranhão; Professor Orientador

² Graduando do curso de Engenharia de Produção da Universidade Estadual do Maranhão; Bolsista PIVIC/UEMA

Por meio de um estudo apresentado pelo *Global Status Report*, a energia fotovoltaica demonstrou um grande crescimento nos últimos anos, chegando a uma capacidade instalada de 227 GW, sendo que mais de 60% de toda essa geração entrou em operação entre 2011 e 2015. A China é o principal gerador de energia fotovoltaica do mundo, seguido por Alemanha, que tem como meta produzir 100% da sua energia através de fontes renováveis, Japão, Estados Unidos e Itália (REN21, 2019).

O uso da energia solar, no Brasil, apresenta particular interesse, atendendo ao elevado número de horas anuais de incidência solar em que possui e um grande potencial solar com irradiações solares consideradas favoráveis para geração de eletricidade (acima de 4 kWh/m² por dia) em mais de 90% do território brasileiro. Segundo o Banco de Informação de Geração (BIG) divulgado pela ANEEL (2021), a capacidade de geração no Brasil conta com aproximadamente 33 MW em geração fotovoltaica em operação, onde a maior parte das instalações no país ocorre em áreas isoladas.

Em 17 de Abril de 2012, a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) publicou a Resolução Normativa Nº 482 posteriormente revisada dando origem a Resolução Normativa No 687/2015, a qual estabelece, conforme seu artigo 1º: “as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuídas aos sistemas de distribuição de energia elétrica (geração distribuída)” com o sistema

de compensação de energia elétrica (*net metering*). Tal sistema de compensação baseia-se em créditos de energia, ou seja, quando a energia gerada for superior à energia consumida, são gerados créditos que podem ser utilizados para abater o consumo nos meses subsequentes por um período de até 60 meses.

No aspecto da viabilidade de um sistema fotovoltaico (FV), importa analisar resumidamente o seu funcionamento, o enquadramento legal e, por fim, rever os principais critérios de avaliação de investimentos no propósito de estimar as chances econômicas de um projeto para ter resultado positivo pelo retorno esperado.

No entanto, para avaliação da viabilidade de projetos do setor de energia pelos sistemas fotovoltaicos pode ser considerado um tipo de energia dependente de alto valor de investimento, mas que são capazes de gerar uma economia considerável por mês, além de possuir baixo custo de manutenção, não gerar ruídos e resíduos, serem autossuficientes e renovável, com a probabilidade de recuperação do investimento entre 4 e 8 anos, dependendo do valor da tarifa paga por kWh e da quantidade de radiação solar do local de instalação (ELECKTSOLAR, 2020).

Para auxiliar na tomada de decisão de investimento na resolução do problema apresentado, a Simulação de Monte Carlo (SMC) tem sido utilizada como ferramenta na avaliação do risco no intuito de analisar a sensibilidade do VPL (Valor Presente Líquido) e

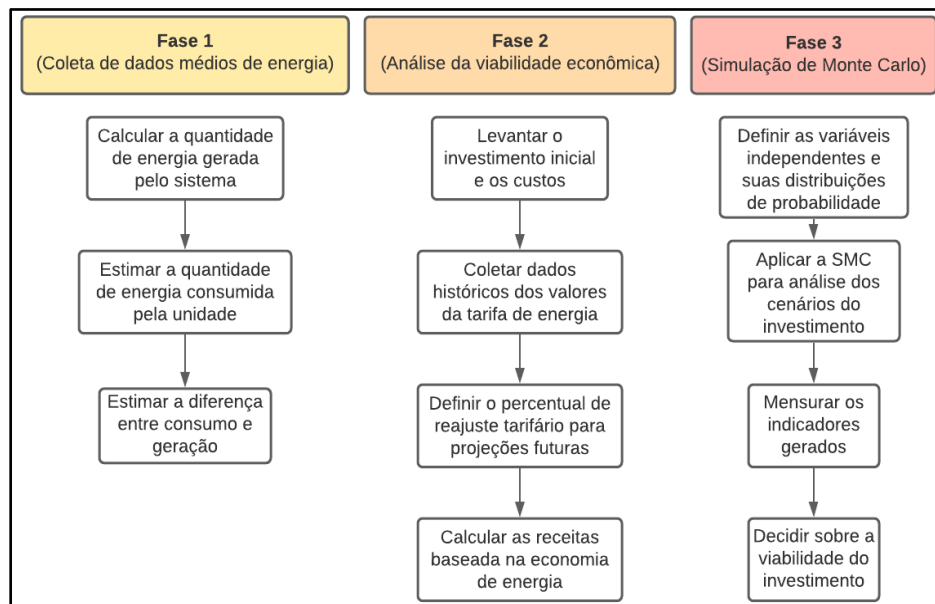
Taxa Interna de Retorno (TIR), *Payback* Descontado (período em que o projeto se paga) com as variações dos elementos importantes que compõem fluxo de caixa. Isso é importante porque permite o estabelecimento de cenários tais como: pessimista, provável e otimista na tomada de decisões (PADOVEZE, 2006).

Com base nessa problemática, o presente trabalho objetiva avaliar por meio do método de Simulação de Monte Carlo (SMC) a viabilidade econômica e financeira de um projeto de aquisição de placa fotovoltaica na geração de energia para atender uma determinada unidade consumidora (uma escola). A importância dessa pesquisa se estende para todos os consumidores do estado do Maranhão que planejam em adquirir um sistema fotovoltaico, pois proporciona uma estrutura coesa para a verificação da viabilidade econômica desse projeto.

METODOLOGIA

O estudo de caso permite exemplificar a utilização destas ferramentas e embasa a avaliação da contribuição da Análise de sensibilidade e da Simulação de Monte Carlo. As etapas da execução dessa pesquisa estão divididas em três fases, como mostra a Figura 01, a fim de atingir os objetivos explicados na Introdução.

Figura 01 - Fluxograma das etapas de atividades que serão executadas no projeto.



Fonte: Os autores (2021)

A Fase 1 será centrada na análise de aspectos pertinentes ao cenário em que a empresa deste estudo está inserida, com os dados coletados de consumo e de gastos com energia elétrica da empresa com uma amostra de doze meses, será possível estimar uma média anual. Com o potencial de geração do sistema e com o consumo médio anual da empresa, estimar-se-á a redução na conta de energia, como ganho no investimento.

Paralelamente a fase 1, na Fase 2 serão estimados os custos do projeto e as receitas. Em relação ao investimento inicial, a estimativa será feita consultando-se fornecedores e especialistas da área. Após a definição desses valores, levantará no mercado uma forma de

financiamento para aquisição de parte do capital necessário ao investimento e conseqüentemente a mensuração da TMA a ser utilizada para esse projeto.

Após a coleta das informações das etapas anteriores, iniciará a Fase 3, onde será desenvolvida a análise de viabilidade econômica do investimento, com os métodos do VPL, TIR e *Payback* descontado para um horizonte de 20 a 25 anos, período de vida útil do sistema consultado com um especialista e utilizado em fontes na literatura.

Em seguida, será realizada a análise de cenários através da simulação de Monte Carlo (SMC), a fim de tornar a avaliação mais precisa. A definição das distribuições de cada variável será realizada com o auxílio do software *R*, utilizando-se dados históricos coletados de cada uma para definir o seu comportamento probabilístico.

Após serem coletados todos os dados referentes às variáveis de entrada do fluxo de caixa e serem identificadas suas respectivas distribuições de probabilidades, serão aplicadas 10.000 simulações para SMC, em que será possível mensurar os indicadores econômicos (VPL, TIR e *Payback*) a fim de sustentar a orientação na tomada de decisão do sistema FV, no quesito da viabilidade em cada cenário projetado.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Engenharia econômica e análise de investimentos

De acordo com Samanez (2009), o processo de identificação, análise e escolha entre investimentos em projetos é denominado de orçamento de capital. Tal processo resulta na utilização de lógicas econômicas muito refinadas e, ao final, o orçamento de capital forma uma carteira de projetos aceitáveis que, individualmente ou coletivamente, trarão retorno econômico coerente com as metas da empresa a longo prazo, além de contribuir para a geração de valor do empreendimento.

A engenharia econômica utiliza de ferramentas da matemática financeira para avaliar projetos em relação a custos, riscos e investimentos, trazendo-os para um mesmo período, devido ao valor do dinheiro em relação ao tempo. Dentre essas ferramentas, as mais utilizadas são o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o *Payback*, todos calculados com base no Fluxo de Caixa (FC) do projeto.

De acordo com Nogueira (2013), para realizar qualquer tipo de avaliação de alternativas de investimentos, é fundamental ter o controle do momento exato das entradas e saídas de dinheiro ao longo do ciclo de vida do projeto. Para isso, utiliza-se o fluxo de caixa. O diagrama do FC é constituído por uma linha horizontal, que representa o tempo ou período de capitalização, e vetores verticais,

que representam as entradas, se as setas estiverem acima da linha, ou saídas, se estiverem abaixo.

Por sua vez, o VPL traz para o presente os valores futuros do Fluxo de Caixa gerado pelo projeto ao longo de sua vida útil. Em teoria, se a empresa não tiver restrições orçamentárias, a análise pelo Valor Presente Líquido leva à solução ótima. (SAMANEZ, 2009, pg. 37). O cálculo do VPL é dado pela Equação 1:

$$VPL = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} \quad (1)$$

Onde I_0 é o investimento inicial, FC_t é o valor do fluxo de caixa no período t e i a taxa de retorno exigida para o projeto. Quanto a análise do indicador, se o resultado for positivo ($VPL > 0$), o projeto é economicamente viável. Quando se trata da escolha entre investimentos, o projeto que obtiver o maior valor do indicador será a melhor opção, em termos econômicos.

Segundo Nogueira (2013), a Taxa Interna de Retorno é a taxa de juros que transforma os valores presentes das entradas iguais aos valores presentes das saídas de um fluxo de caixa. Ou seja, a TIR, quando aplicada na fórmula anterior, resulta em um $VPL = 0$. O cálculo desse indicador é dado pela Equação 2.

$$VPL = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} = 0 \quad (2)$$

Para Samanez (2009), o objetivo da TIR não é a avaliação da rentabilidade absoluta do projeto, como é o caso do VPL, mas sim

encontrar uma taxa intrínseca de rendimento. Na análise do indicador, para considerar um projeto economicamente viável, tem-se que: $TIR > TMA$. Onde TMA é a Taxa Mínima de Atratividade do investimento, ou seja, o retorno mínimo que o investidor deseja receber ao aplicar seu capital em determinado projeto.

O método de *Payback* Descontado objetiva entender o tempo em que os valores presentes se igualarão ao investimento inicial. (SEMANEZ, 2009, pg. 38) Ou seja, o método busca entender quando o investimento se pagará e começará a dar lucro.

Pela fórmula do VPL, podemos concluir que o *Payback* Descontado será dado pela Equação 3, onde se busca determinar o período t .

$$I_0 = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} \quad (3)$$

A análise do indicador varia de cada empresa. Caso esta determine um tempo limitado para que os seus investimentos deem retorno, o projeto será viável se o *Payback* for menor ou igual a essa limitação. Ainda assim, cabe ressaltar que quanto maior o tempo para retorno do investimento, maiores serão os riscos do projeto.

Análise determinística

Para avaliar se a instalação do sistema fotovoltaico é vantajosa, faz-se necessário estimar o fluxo de caixa do projeto ao longo de sua

vida útil. Para tanto, estima-se mensalmente a diferença entre a geração e o consumo de energia, como mostra a Equação 4:

$$Dif = G_t - C_t \quad (4)$$

Em que:

G_t : Energia gerada esperada no período mensal “t”;

C_t : Energia consumida esperada no período mensal “t”.

No caso da Equação 4 retornar um valor positivo, o fluxo de caixa do período seguinte terá um saldo acrescido, mostrado na Equação 5:

$$Dif = G_t - C_t + Saldo_{t-1} \quad (5)$$

Onde:

$Saldo_{t-1}$: Saldo positivo do período mensal anterior.

No caso da Equação 5 retornar um valor negativo em determinado período “t”, então a unidade consumidora pagará o valor máximo entre:

- A aplicação da tarifa corrigida da distribuidora e o montante mínimo de consumo para dada tensão.
- A aplicação da tarifa corrigida da distribuidora e o valor efetivamente apurado no período “t”.

A Equação 6 apresenta o cálculo para a situação supracitada.

$$P_t > 0 \leftrightarrow [G_t - C_t + Saldo_{t-1}] < 0 | P_t \quad (6)$$
$$= Max[TD_t \cdot EQ_2; TD_t \cdot C_{min}]$$

Onde:

P_t : Pagamento à distribuidora no período “t”;

TD_t : Tarifa da distribuidora corrigida no período “t”;

EQ_2 : Saldo de energia negativo proveniente da Equação 2;

C_{min} : Consumo mínimo para dada tensão.

Já para o caso da Equação 5 retornar um valor positivo em determinado período “t”, então a unidade consumidora pagará o valor mínimo entre:

- A aplicação da tarifa cobrada pela distribuidora;
- O montante mínimo de consumo para determinada tensão.

A Equação 7 apresenta o cálculo para a situação acima.

$$P_t > 0 \leftrightarrow [G_t - C_t + Salto_{t-1}] < 0 | P_t = TD_t \cdot C_{min} \quad (7)$$

A Tarifa da Distribuidora (TD_t) representa o histórico das tarifas nos últimos 5 anos estimada pelo percentual correspondente a uma bandeira tarifária provável para o período, como mostra o Quadro 1.

Quadro 01 – Probabilidade de incidência das bandeiras tarifárias

| Bandeira Tarifária | Incidência histórica (meses) | Probabilidade em ano típico (%) | Valor acrescido (R\$ por kWh) |
|--------------------|------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Verde | 31 | 46,27% | - |
| Amarela | 16 | 23,88% | R\$ 0,01874 |
| Vermelha 1 | 10 | 14,93% | R\$ 0,03971 |
| Vermelha 2 | 10 | 14,93% | R\$ 0,09492 |

Fonte: ANEEL (2021)

A bandeira tarifária será determinada através da simulação de n números aleatórios entre 0 e 1, onde o resultado será correspondido pela escala representada no Quadro 01 (0, 0,239, 0,37, 1). A Equação 8, adaptada de Nadler & Perrelli (2020) com o acréscimo da bandeira tarifária, apresenta o cálculo da Tarifa da Distribuidora como mencionado anteriormente.

$$TD_t = TD_0 \cdot \left(1 + \frac{\sum_{2016}^{2021} \%TD}{5} + \alpha \right)^n \cdot \beta \quad (8)$$

Na equação, tem-se que:

TD_0 : Tarifa inicial no período do estudo;

$\sum_{2016}^{2021} \%TD$: Somatório dos percentuais aplicados à tarifa da distribuidora entre os anos 2016 e 2021;

n : Número de períodos aplicados;

α : Porcentagem acrescida pela respectiva bandeira tarifária;

β : Mês de aplicação do reajuste.

Com todas essas formulações efetuadas, pode-se achar a Economia Efetiva da unidade consumidora no período “t”, que será a quantia que o investidor pagará sem o sistema fotovoltaico subtraído da quantia que pagaria com o sistema fotovoltaico, representada na Equação 9.

$$EE = C_t(TD_t) - P_t \quad (9)$$

O Fluxo de Caixa Nominal, então, será dado pela economia do sistema subtraída das despesas de manutenção e investimento

inicial. O Fluxo de Caixa Real será obtido através do desconto do FCN devido a aplicação da taxa de inflação esperada.

$$FCN = Economia - (Investimento + Manutenção) \quad (10)$$

O Fluxo de Caixa Real que será utilizado para aplicação nos indicadores de viabilidade econômica será dado pelo Fluxo de Caixa Nominal descontado pela aplicação da taxa de inflação estimada.

Simulação de Monte Carlo

Segundo Soares & Chela (2012) o método Monte Carlo objetiva imitar o funcionamento real de um sistema de variáveis geradas, baseada em simulações de amostragens aleatórias, de modo a mitigar riscos e incertezas.

Rodrigues, Nunes e Adriano (2010, pg. 5) definem a Simulação de Monte Carlo como “uma técnica utilizada para simular fenômenos probabilísticos por meio da geração de números randômicos atribuídos as variáveis independentes simulando cenários e possíveis resultados, também aleatórios, das variáveis dependentes e posterior cálculo da probabilidade de determinado valor esperado”. Para essa simulação, em geral, são utilizados *softwares*, o que possibilita a aplicação do método em diversas áreas.

Neste trabalho, a Simulação de Monte Carlo terá algumas etapas a serem atingidas:

a) Estabelecer uma distribuição de probabilidade (modelo) à qual responde as

variáveis aleatórias (VPL, TIR e *Payback*) para o risco analisado;

b) Simular eventos (realizar interações) em n vezes dessas variáveis, tamanho

suficientemente grande que reflita a confiança desejada;

c) Analisar estatisticamente os resultados obtidos;

A distribuição de probabilidade mais utilizada para descrever eventos probabilísticos é a distribuição normal. Esta pode ser descrita somente em função de sua média (μ) e seu desvio-padrão (σ). Tais parâmetros são obtidos por estimativa em função da média amostral (\bar{x}) e o desvio-padrão amostral (S_x) (RODRIGUES, NUNES & ADRIANO, 2010, pg. 6).

A função densidade de probabilidade da distribuição normal é dada pela Equação 11.

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x - \mu}{\sigma} \right)^2 \right], \quad x \in [-\infty, \infty] \quad (11)$$

Outras funções de probabilidade podem ser utilizadas. Com a devida modelação das funções densidade de probabilidade, o *software* gerará uma quantidade significativa de valores aleatórios, geralmente na casa dos milhares, para que se tenha uma representação probabilística fiel à realidade, permitindo comparar os diferentes cenários projetados.

Cabe relevar também que a Simulação de Monte Carlo permitirá analisar os riscos envolvidos no projeto. De acordo com

Alencar (2005) analisar os riscos é identificar os fatores que podem afetar o sucesso de um projeto, é avaliar a probabilidade desses fatores ocorrerem e suas potenciais consequências, caso ocorram.

Linguagem R

Em relação ao *software* que será utilizado para fazer a Simulação de Monte Carlo, embora seja frequentemente utilizado algum específico para análise de risco, como o *Model@Risk*, neste trabalho será utilizado o R. Segundo o site oficial do software o R é um software gratuito voltado para a manipulação, análise e visualização de dados, amplamente utilizado na área de estatística devido a sua completude.

O *software* R vem sendo utilizado em pesquisas envolvendo análises estatísticas nas mais diversas áreas do conhecimento. KHAN (2013) descreveu o *software* como a mais nova ferramenta para análises epidemiológicas. TOKAI (2016) aplicou o R para estimar o desperdício gerado pelas casas da República Sérvia. SILVA, MEDEIROS & OLIVEIRA (2019) otimizaram a avaliação da qualidade de sementes processando dados de germinação e comprimento de plântula utilizando o SeedCalc, uma ferramenta automatizada do *software* R. COSTA, BARBOSA, SANTOS & ALVEZ (2019) determinaram as principais métricas do *Six Sigma* para um sistema de controle de qualidade industrial através do R. Novamente, a robustez do *software* associada a sua intuitividade de programação é

um dos maiores diferenciais em comparação com outros *softwares* de análise de dados.

Local e contexto de aplicação

O local de aplicação do projeto é uma escola da região metropolitana de São Luís que implantou um sistema de geração de energia fotovoltaica. No Quadro 02 são apresentados os principais dados que se relacionam com o sistema instalado.

Quadro 02 – Sumarização dos principais dados

| Dado | Valor | Unidade |
|--|------------|---------|
| Investimento | 144.000,00 | R\$ |
| Vida útil | 25 | Anos |
| Custos de manutenção (a cada 10 anos) | 7.000,00 | R\$ |
| Eficiência | 87 | % |
| Média de consumo mensal esperado | 3437,5 | kWh |
| Desvio padrão do consumo | 1196,022 | - |
| Média de geração mensal esperada | 4780,923 | kWh |
| Desvio padrão da geração | 724,755 | - |
| Taxa SELIC anual considerada | 8,32 | % |
| Taxa média de reajuste anual da tarifa | 7,65 | % |

Fonte: Os autores (2021)

Os dados referentes ao consumo e geração mensais esperados foram obtidos a partir da análise estatística dos meses de agosto de 2020 a agosto de 2021. Da mesma forma, para estimar a taxa SELIC

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE,
ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
considerada para o período de investimento, foi utilizada a série
histórica disponibilizada pelo Banco Central do Brasil dos anos de
2015 até 2020. O Quadro 03 mostra o levantamento.

Quadro 03 – Histórico da taxa SELIC média ao ano

| Ano | Taxa SELIC média ao ano |
|------------|--------------------------------|
| 2015 | 13,52% |
| 2016 | 14,05% |
| 2017 | 9,74% |
| 2018 | 6,43% |
| 2019 | 5,77% |
| 2020 | 2,55% |

Fonte: Banco Central do Brasil (2021)

Similarmente foi feito com a taxa de reajuste, obtida a partir da média dos valores de efeito médio ao consumidor a cada ato regulatório, conforme o Quadro 04.

Quadro 04 – Histórico dos reajustes da tarifa de energia

| Ano | Motivo | Ato regulatório | Efeito médio ao consumidor |
|------|------------------------|---|----------------------------|
| 2015 | Revisão Extraordinária | Resolução Homologatória nº 1.858, de 27/02/2015 | 3,03% |
| 2015 | Reajuste Tarifário | Resolução Homologatória nº 1.940, de 26/08/2015 | 8,64% |
| 2016 | Reajuste Tarifário | Resolução Homologatória nº 2.127, de 26/08/2016 | 8,24% |
| 2017 | Reajuste Tarifário | Resolução Homologatória nº 2.289, de 26/08/2017 | 12,88% |
| 2018 | Reajuste Tarifário | Resolução Homologatória nº 2.438, de 21/08/2018 | 16,94% |
| 2019 | Reajuste Tarifário | Resolução Homologatória nº 2.594, de 20/08/2019 | -3,82% |
| 2020 | Reajuste Tarifário | Resolução Homologatória nº 2.758, de 25/08/2020 | -0.01% |

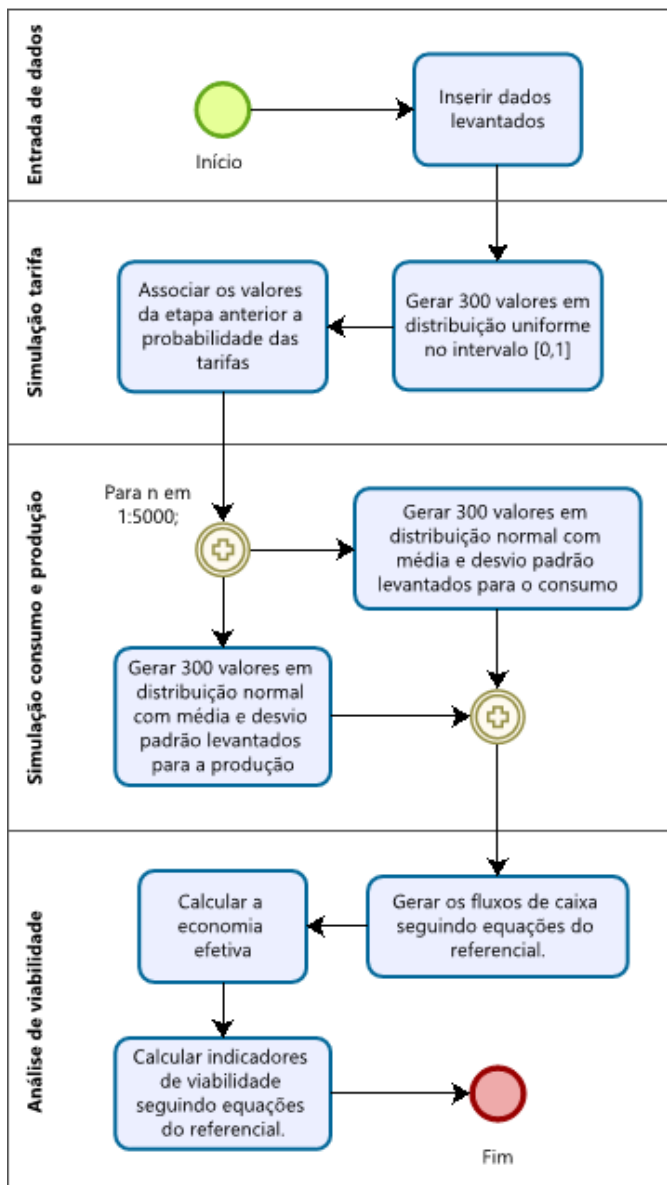
Fonte: Equatorial Maranhão (2021)

Aplicação da Simulação de Monte Carlo

Geração de dados

A fase de simulação consistiu em elaborar o algoritmo para a geração dos dados de acordo com as distribuições de probabilidade e os subseqüentes cálculos de viabilidade econômica. O algoritmo seguiu o fluxograma da Figura 03.

Figura 03 – Algoritmo Simulação de Monte Carlo



Fonte: Os autores (2021)

O algoritmo simulou dados de consumo e geração de energia com distribuição normal trezentas vezes – correspondente aos trezentos meses de vida útil do sistema fotovoltaico, apresentado no Quadro 02. Essa simulação foi repetida cinco mil vezes, para obter-se a validação estatística proposta pelo método Monte Carlo. Ao realizar a simulação, é interessante levar em consideração a capacidade computacional, visto que só nessa primeira rodada já foram gerados três milhões de dados.

Em seguida, foram gerados trezentos dados com distribuição uniforme, entre zero e um, que correspondiam as bandeiras tarifárias com suas respectivas probabilidades. Então, se o algoritmo gerou o número 0,2224 e, ao dividir-se a escala de acordo com as probabilidades apresentadas no Quadro 1, tem-se que no intervalo $[0, 0,4627]$ a bandeira correspondente é a verde, associa-se o custo da tarifa relativa à cor determinada. A base de cálculo para a tarifa de energia é a mesma da concessionária do estado do Maranhão. Com os dados de consumo, geração e tarifas simulados, avançou-se para a etapa determinística do projeto, que é a geração do fluxo de caixa e cálculos do VPL e da TIR.

Projeção do fluxo de caixa

Conforme descrito na análise determinística, foram gerados inicialmente dois fluxos de caixa. O primeiro apresenta as despesas relativas ao consumo de energia elétrica sem a implantação do

sistema fotovoltaico, pagando todo mês a quantidade de energia consumida multiplicada pela tarifa cobrada pela concessionária, ambos os valores gerados pelo algoritmo. E um segundo fluxo de caixa relativo as despesas com o consumo de energia com a implantação do sistema, tendo um investimento inicial e pagando todo mês um custo de:

1. disponibilidade da rede elétrica concessionária, em caso de produção maior que consumo;
2. compra de energia consumida da rede elétrica da concessionária, em caso de consumo maior que produção.

Com a economia efetiva sendo calculada segundo a Equação 6, prosseguiu-se para elaboração do fluxo de caixa nominal, que será utilizado para o cálculo dos indicadores de viabilidade econômica. Como descrito na Equação 7, subtraiu-se da economia efetiva o valor do investimento inicial, R\$ 144.000,00 no período 0, e descontos de R\$ 7.000,00 a cada 120 meses relativos a troca do inversor. Releva-se que agora, como resultado da etapa de geração de dados, tem-se cinco mil fluxos de caixa nominais simulados para o cálculo do VPL, TIR e *Payback* Descontado.

Cálculo dos indicadores e análise de cenários

A aquisição de um sistema de geração de energia fotovoltaico é um projeto de longo prazo, fortemente influenciado por fatores

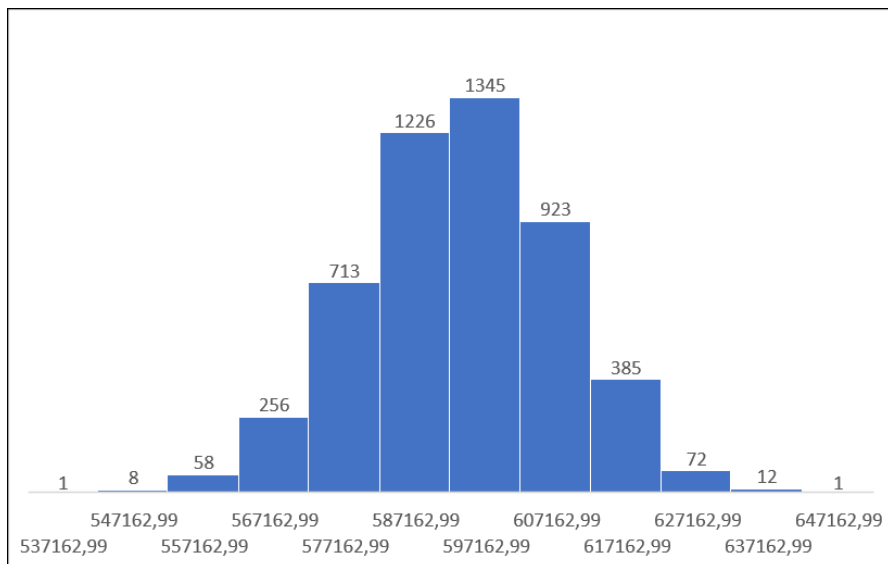
aleatórios externos, como inflação, mercado e novas tecnologias. Portanto, enriqueça-se a análise do problema a consideração de cenários, que pode ser feita através de modificações nas variáveis do modelo matemático. Para esta aplicação foram simulados os seguintes cenários:

1. Cenário 0 (base) – calculado com as premissas e valores apresentados no desenvolvimento do referencial teórico.
2. Cenário 1 – calculado considerando um limite para o ajuste da tarifa, que poderá ser causado pela introdução de novas matrizes energéticas no Brasil, abertura do mercado de fornecimento de energia, dentre outras possibilidades.
3. Cenário 2 – calculado considerando um acréscimo de 3% na média SELIC, que pode ser justificado pelo histórico de incerteza econômica do país.
4. Cenário 3 – calculado considerando um decréscimo de 3% na média SELIC, que pode ser justificado pelo histórico de incerteza econômica do país.

Para o cálculo dos indicadores econômicos, a taxa média mensal SELIC foi adotada como TMA. Os valores da TIR e do *Payback* Descontado não apresentaram variação brusca entre os cenários, variando em torno de 30% e 5 anos, respectivamente; portanto, a

análise será focada no VPL. O histograma do cenário base é apresentado na Figura 04.

Figura 04 – Histograma do VPL no cenário o



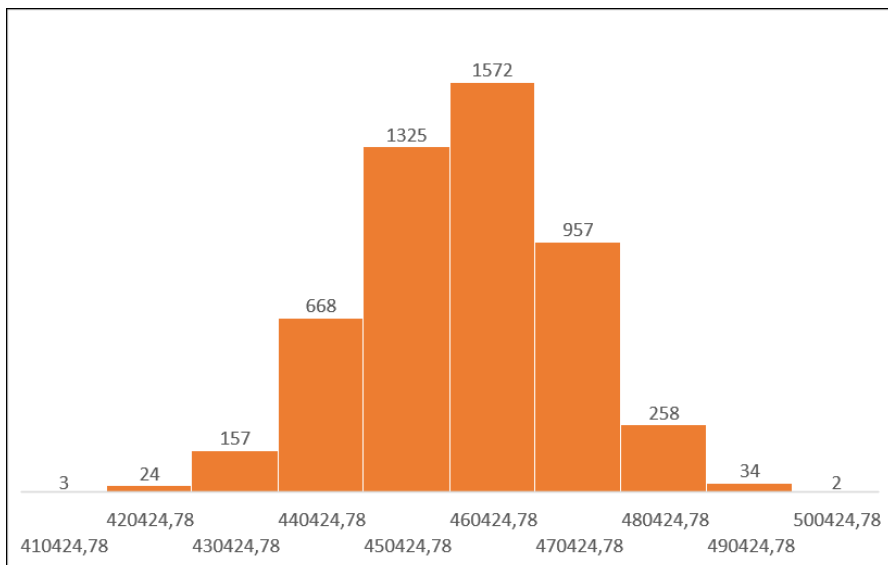
Fonte: Os autores (2021)

Percebe-se que já no cenário base há uma considerável vantagem em adotar um sistema fotovoltaico, que pode ser explicada por fatores como alta nos preços das bandeiras tarifárias, reduções sucessivas na taxa de juros nos últimos anos, dimensionamento com folga do sistema, dentre outras possíveis justificativas.

No cenário 1, apesar de uma diminuição no VPL, o sistema permanece financeiramente viável, que pode ser justificado pela morosidade na estagnação da tarifa de energia, já que não se espera no curto prazo uma mudança significativa na matriz energética ou

no próprio mercado de energia do país. Sendo assim, a redução na tarifa de energia em médio prazo não impactará significativamente a viabilidade do projeto. O histograma do cenário 1 é apresentando a seguir na Figura 05.

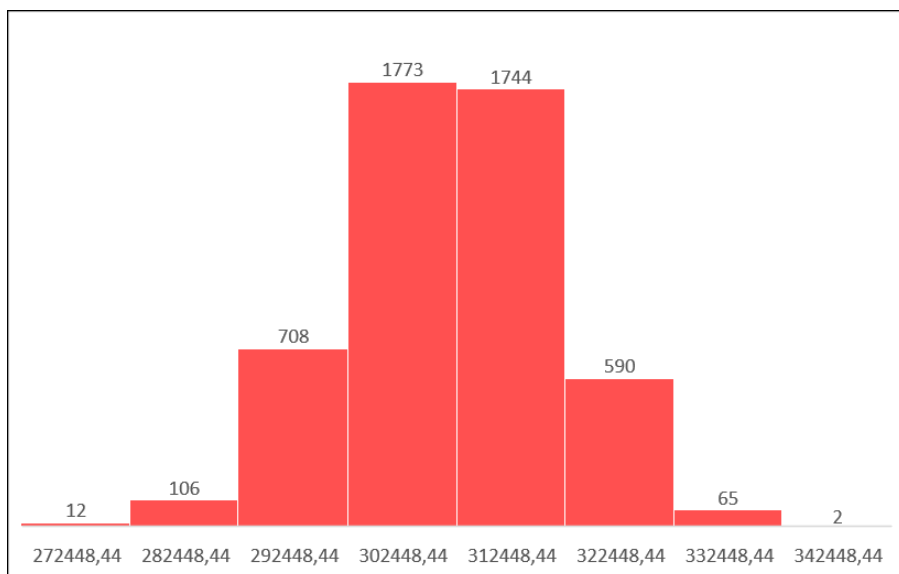
Figura 05 – Histograma do VPL no cenário 1



Fonte: Os autores (2021)

No cenário 2 já se percebe que a viabilidade do sistema está fortemente relacionada com a taxa básica de juros do país, que historicamente apresenta uma variação significativa. Apesar do sistema continuar viável com o aumento da SELIC, o VPL reduz em cerca de R\$ 300.000,00, ficando com o valor mais provável em R\$ 302.448,44. O histograma do cenário 2 é apresentado na Figura 06.

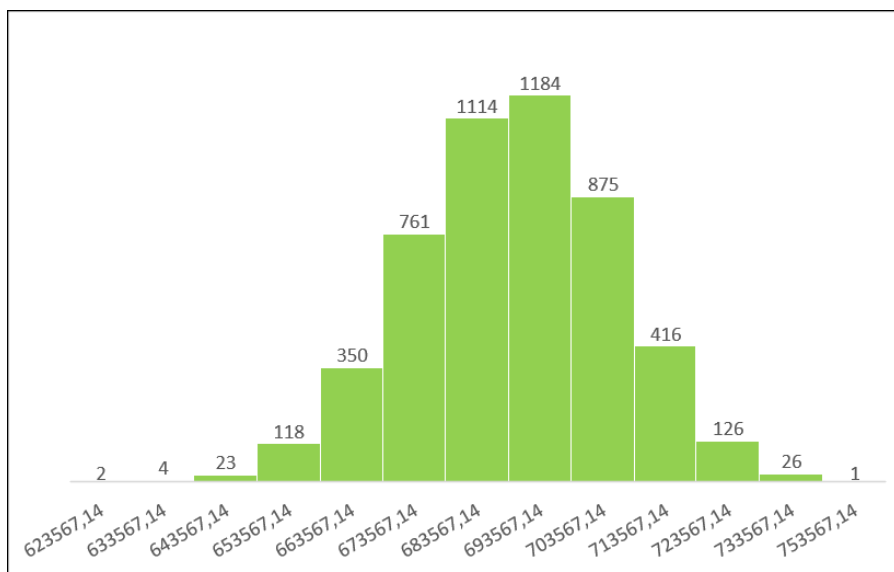
Figura o6 – Histograma do VPL no cenário 2



Fonte: Os autores (2021)

Por fim, no cenário 3 a situação é inversa ao cenário 2, com a redução da taxa básica de juros, o VPL do projeto aumenta consideravelmente, com o VPL mais provável em R\$ 693.567,14. O histograma do cenário 3 é apresentado na Figura 07.

Figura 07 – Histograma do VPL no cenário 3



Fonte: Os autores (2021)

Para sintetizar os resultados, o Quadro 05 mostra a média ponderada dos valores presentes líquidos dos quatro cenários e compara cada um ao cenário base, a fim de identificar mais facilmente o pior e o melhor cenário dessa simulação.

Quadro 05 – Resumo dos cenários em relação ao VPL

| | Cenário 0 | Cenário 1 | Cenário 2 | Cenário 3 |
|-------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| VPL | R\$ 593.690,99 | R\$ 457.104,78 | R\$ 307.382,53 | R\$ 689.333,14 |
| Comparação ao cenário 0 | 100% | 77% | 52% | 116% |

Fonte: Os autores (2021)

Percebe-se que ainda no pior cenário analisado, o cenário 2, o investimento se mantém economicamente viável, com um VPL médio de R\$ 307.382,53. Nota-se também que o melhor cenário para quem investir em um projeto de geração de energia solar fotovoltaica é que a taxa de juros básica diminua, como mostra o cenário 3, com um VPL médio de R\$ 689.333,14. Ressalta-se que o estudo foi realizado em um momento que o país apresentou suas taxas de juros significativamente baixas, o que influenciou diretamente na viabilidade do projeto.

CONCLUSÃO

A pesquisa objetiva avaliar por meio do método de Simulação de Monte Carlo (SMC) a viabilidade econômica e financeira de um projeto de aquisição de placa fotovoltaica na geração de energia para atender uma determinada unidade consumidora (uma escola). Os dados obtidos tiveram interferência da pandemia de COVID-19 que afetou principalmente o consumo da escola e a taxa básica de juros. Toda a modelagem matemática foi trabalhada no RStudio, que é um ambiente de desenvolvimento para a linguagem R.

Para verificar a viabilidade econômica do projeto, primeiro coletou-se os dados históricos referentes a consumo e geração de energia para identificar a função de probabilidade do sistema e projetar para os próximos anos. Em seguida foram estimadas as variáveis econômicas como bandeira tarifária e taxa básica de juros

com base em dados históricos. Após isso, projetou-se o Fluxo de Caixa Nominal. Com a SMC, gerou-se cinco mil variações do FCN para calcular os indicadores econômicos. Por fim, simulou-se mais três variações de cenários para verificar como a variação em de algumas variáveis poderia impactar a viabilidade do projeto.

Com o levantamento dos dados e a aplicação da metodologia, verificou-se que a implantação de um sistema de geração de energia fotovoltaica é economicamente viável, com um VPL de R\$ 593.690,99, a TIR de 30% e o *Payback* Descontado em 5 anos, em média no cenário base. Em outros cenários simulados, o sistema também apresentou indicadores positivos, sendo o cenário 3 o que apresentou maior retorno, com VPL médio de R\$ 689,333,14. A linguagem R proporcionou fluidez para a aplicação do projeto e, portanto, recomenda-se que ela continue sendo utilizada em pesquisas futuras, não descartando outras ferramentas que poderiam, inclusive, serem comparadas entre si em critérios como flexibilidade, rapidez, processamento computacional, dentre outros.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, A. J., SCHMITZ, E. A. **Análise de Risco em Gerência de Projetos**. Rio de Janeiro: Brasport, 2005.

ANEEL, **Banco de Informação de Geração**. Big. Agência Nacional Energia Elétrica, 2021. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNjc4OGYyYjQtYWZmZmZCooYjllLWJlYmEtYzdkTQ1MTc1NjM2liwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVj>

YTctNDZhMio5MmQoLWVhNGU5YzAxNzBlMSIsImMiOjR9>.

Acesso em: 09/04/2021.

BCB, Taxas de juros básicas – Histórico. Banco Central do Brasil, 2021. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/historicotaxasjuros>>.

Acesso em: 25/07/2021.

CALDAS, Thiago da Paz. Modelo de simulação e análise de implantação da geração fotovoltaica nas instalações de um centro de pesquisa: uma abordagem segundo a RN nº 687/2015. Dissertação de Mestrado (Programa de pós-graduação em modelagem computacional e tecnologia industrial) Senai Cimatec – Salvador-Bahia 2017.

COSTA, A. R., BARBOSA, C., SANTOS, G., ALVEZ, M. R. S. Six Sigma: Main Metrics and R Based Software for Training Purposes and Practical Industrial Quality Control. Quality Innovation Prosperity. 2019.

KHAN, A. M. R-software: A newer tool in epidemiological data analysis. Indian Journal of Community Medicine, v. 38, n. 1, p. 56-58. 2013.

NADLER, E., PERRELLI, A. Modelagem de viabilidade econômica para sistemas fotovoltaicos de geração distribuída. Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada, v. 5, n. 4, p. 11-19, 2020.

NOGUEIRA, E. Introdução à Engenharia Econômica. Coleção UAB-UFSCar. 2013.

NORBERTO, C., GONZALEZ-BRAMBILA, C. N., & MATSUMOTO, Y. (2016). Systematic analysis of factors affecting solar PV deployment. Journal of Energy Storage, 6, 163-172.

PADOVEZE, Clóvis Luis. Curso básico gerencial de custos. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006. 377 p.

QUEIROZ, A.R.; LIMA, L.M.M.; LIMA, J.W.M.; SILVA, B.C.; SCIANNI, L. **A Climate change impacts in the energy supply of the Brazilian hydro-dominant power system.** Renewable Energy, 99:379-389, 2016.

REN21, Renewable. **Global status report 2019.** REN21, Paris, Tech. Rep, 2019. Disponível em: <http://www.ren21.net/status-of-renewables/global-status-report/>. Acesso em: 19/01/2020.

RODRIGUES, Erivelton Meneses; NUNES, Rosângela Venâncio; ADRIANO, Nayana de Almeida. **A simulação de Monte Carlo como instrumento para a análise econômicofinanceira em investimentos de risco - O caso de uma decisão de investimento na abertura de uma filial para revenda de equipamentos pesados no Estado do Ceará.** Belo Horizonte – MG: XV Congresso Brasileiro de Custos, 2010.

SILVA, L. J., MEDEIROS, A. D., OLIVEIRA, A. M. S. **SeedCalc, a new automated R software tool for germination and seedling length data processing.** Journal of Seed Science. 2019.

SOARES, E. S., CHELA, J. L. **Método de Monte Carlo aplicado a viabilidade econômica.** TECHNICAL REPORT CPEF: Centro de Pesquisa em Engenharia Financeira. 2016. Disponível em: http://centroengenhariafinanceira.com.br/artigos/Technical_Report_2.pdf. Acesso em: 26/02/2021

The R Foundation. **The R Project for Statistical Computing.** 2021. Disponível em: <https://www.r-project.org/>. Acesso em: 09/04/2021.

TOKAI, M. **Estimation of Household Waste in the Republic of Serbia using R software.** Romanian Statistical Review.

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE,
ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

**APLICAÇÃO DE TÉCNICOS ESTATÍSTICOS NA
AVALIAÇÃO DE METODOLOGIAS TEÓRICAS PARA
CALCULAR AS PROPRIEDADES MOLECULARES**

Tatiane de Freitas Gomes¹

Lucas Gabriel Póvoas Silva²

Pedro Lucas Leal Santos³

Liangela Arouche Ferreira⁴

Raquel Maria Trindade Fernandes⁵

Alamgir Khan⁶

INTRODUÇÃO

O estudo das propriedades ópticas lineares e não lineares dinâmicas e estáticas das moléculas são objeto das investigações experimentais e teóricas. A importância de previsões teóricas decorre do fato de que as propriedades moleculares elétricas são difíceis de medir e, simultaneamente, são os recursos mais básicos usados para discutir a interação das moléculas com seu ambiente e com o campo eletromagnético (BARANOWSKA; SADLEJ, 2010, p. 552), dado que o efeito Raman é descrito pelas transições entre estados energéticos, quantização dos modos vibracionais, promovidos pela indução de

¹ Graduando do curso de Química Licenciatura da Universidade Estadual do Maranhão; Bolsista FAPEMA/PIBIC

² Graduanda do curso de Química Licenciatura da Universidade Estadual do Maranhão;

³ Graduanda do curso de Química Licenciatura da Universidade Estadual do Maranhão;

⁴ Programa Pós-graduação Aeroespacial da Universidade Estadual do Maranhão;

⁵ Professor(a) e pesquisador(a) do Departamento de Química da Universidade Estadual do Maranhão.

⁶ Professor(a) e pesquisador(a) do Departamento de Química da Universidade Estadual do Maranhão.

uma perturbação do estado inicial da molécula devido à interação da molécula com o campo eletromagnético. Atualmente, implementações computacionais para o cálculo de intensidades Raman estáticas são bastante frequentes em pacotes de química quântica, onde esta propriedade é obtida através de métodos *ab initio* ou através da Teoria do Funcional de Densidade (ANASTASOPOULOU *et al*, 2017, p. 4610). Neugebauer *et al.* (2002) e Vidal (2005) avaliaram modelos *ab initio* e a demanda de funções de bases para moléculas poliatômicas. Estes estudos mostraram uma concordância de espectros teóricos Raman dentro da precisão experimental, mas exigiram funções de base maiores (qualidade pelo menos *aug-ccpVTZ*) e também inclusão da correlação eletrônica dos cálculos de nível *Coupled Cluster Singles and Doubles (CCSD)*. Portanto, a correlação eletrônica é extremamente importante para o cálculo desta propriedade e métodos mais sofisticados são necessários para obter-se uma concordância quantitativa com dados experimentais.

Os estudos de polarizabilidade molecular e intensidades Raman dependem de um conjunto de base que apresentam forte dependência das funções e elétrons da camada de valência, juntamente com adicional função de polarização e difusa, e uma fraca dependência da camada interna e elétrons (VIDAL; VAZQUEZ 2010; YANAI *et al*, 2004, p. 51). Dessa forma, uma pequena redução no tamanho do conjunto de base resulta em uma enorme velocidade,

o que sugere que um tratamento menos rigoroso dos elétrons do núcleo pode fornecer uma melhora na eficiência computacional. Com a utilização de potenciais de núcleo efetivos (ECPs), é possível reduzir significativamente o tamanho de um cálculo, removendo os elétrons do caroço relativamente inertes, sem afetar adversamente os orbitais de valência resultantes (BRIANDET *et al*, 1996, p. 170).

A Teoria do Funcional de Densidade (DFT) surgiu nas últimas décadas como um método alternativo ao *ab initio* no campo da computação química. O desempenho dos cálculos DFT tornou possível estudar moléculas de um tamanho que se torna relevante para o acadêmico, bem como para o químico industrial (MEIER, 2003, p. 405). Logo, como consequência, há interesse no desenvolvimento de métodos computacionais de química quântica capazes de fornecer intensidades de Raman precisas, possivelmente com um baixo custo computacional.

No entanto, não existe até o momento um estudo do desempenho das bases pStuttgart e pSBKJC para o cálculo dessas propriedades nos níveis CCSD ou DFT. Devido a essa lacuna, o objetivo central do presente trabalho foi a investigação do desempenho dessas funções de base de valência em cálculos correlacionados CCSD para um conjunto de moléculas poliatômicas (H_2O , H_2CO , NH_3 , CH_4 , C_2H_2). Além da utilização e aplicação do método estatístico multivariado de Análise de Componentes Principais (PCA), visto que o mesmo é considerado uma ótima

transformação linear, dentre as transformadas de imagens, e é uma técnica da estatística multivariada que consiste em transformar um conjunto de variáveis originais em outro conjunto de variáveis de mesma dimensão denominadas de componentes principais (HONGYU, 2015, p. 155).

Os métodos estatísticos multivariados encontram, também, ampla aplicação na investigação científica, com o objetivo de: reduzir ou simplificar estruturalmente os dados, de forma a facilitar a interpretação sem sacrificar informações importantes; ordenar e agrupar variáveis; investigar a dependência entre variáveis; predizer valores de uma ou mais variáveis, baseado em observações de outras; construir e testar hipóteses (JOHNSON; WICHERN, 2007). Com isso será aplicado a PCA para diagnosticar e comprovar a eficiência da metodologia proposta e explorar a relação entre o conjunto de dados Raman calculado, estudando os parâmetros da PCA e seus gráficos.

Desta forma, se tem como objetivo aplicar a metodologia do ECP (pSBKJC e pStuttgart) desenvolvido por Vazquez e Vidal (2009), para avaliar seu desempenho na computação das propriedades moleculares, para um conjunto de moléculas poliatômicas (H_2O , NH_3 , CH_4 , CH_2O e C_2H_2) usando os métodos ab initio (LR-CCSD) e DF, além da utilização do método estatístico multivariado de Análise de Componentes Principais (PCA) para diagnosticar e investigar a eficiência da metodologia proposta, e explorar as relações entre o conjunto de dados Raman computados.

METODOLOGIA

A metodologia adotada se consistiu na geometria de equilíbrio no estado fundamental e fase gasosa, a matriz hessiana e o modo normal da vibração das moléculas para realização dos cálculos com o conjunto de bases cc-pVDZ e 3-21G e Teoria Funcional da Densidade (DFT) e Ab initio (CCSD), utilizando o programa eletrônico de estrutura Gamess, com método CCSD/Sadlej-pVTZ como referência. As polarizabilidades moleculares dinâmicas e estática foram calculadas com o programa Dalton, e as moléculas foram excitadas e empregou-se os níveis de CCSD e DFT para os conjuntos de base pSBKJC e pStuttgart. Após a computação das propriedades moleculares de interesse, utilizou-se o método estatístico multivariado, Análise de Componentes Principais (PCA) no programa Statistic versão 8.0 para diagnosticar e investigar a eficiência da metodologia proposta. Com isso, foi estabelecido uma comparação entre os resultados esperados obtidos com a proposta do trabalho de ECP (pSBKJC e pStuttgart) e o conjunto de base Sadlej-pVTZ como referência (VIDAL & VAZQUEZ, 2012).

A análise por PC foi dividida em duas etapas, a primeira para a redução dos dados, diminuindo a dimensionalidade, e a segunda para obtenção dos gráficos. Foi utilizado um banco de dados das intensidades Raman computadas para as moléculas poliatômicas nas frequências de Laser de 337 nm a 1064 nm (KHAN et. al., 2021). A informação referente a análise de dados, foi obtida interpretando os

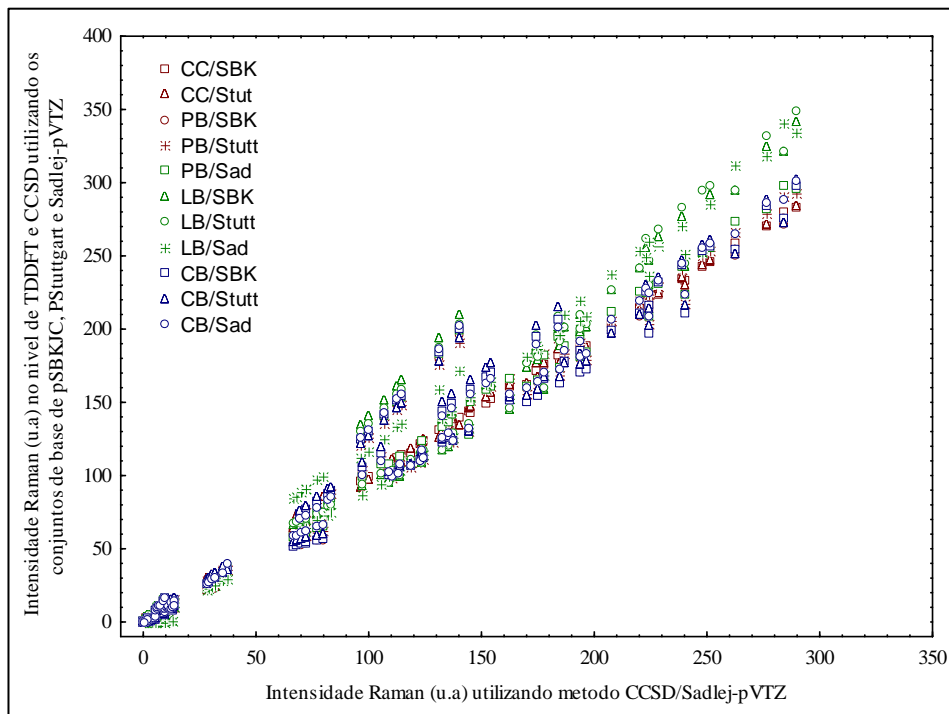
parâmetros PCA como loadings, scores, autovetores, e autovalores das componentes principais (PCs) uma vez que, seus autovalores identificam as mudanças e inclinações mais importantes nos conjuntos de dados (StatSoft, 2004).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Analisando os dados para as funções de onda CCSD e DFT, descobrimos que as atividades de espalhamento Raman calculados com nossos conjuntos de base ECP corresponderam com aqueles produzidos com o conjunto de base de referência Sadlej-pVTZ, para as atividades de espalhamento Raman das moléculas pequenas (H_2O , NH_3 , CH_4 , CH_2O e C_2H_2).

Como validação da metodologia proposta para os resultados, utilizou-se o modelo de boxplot para avaliar e entender as distribuições de dados entre si dos respectivos modelos. Através da análise do diagrama de box-plot, o mesmo ajudou a detectar os outliers no conjunto de dados Raman calculado, como também deu uma imagem geral de suas distribuições características. Os gráficos gerados demonstraram uma distribuição dos resultados teóricos das intensidades Raman oriundas nos níveis de CCSD e TDDFT (ou seja, PBE0, LB94 e CAMB3LYP) usando pSBKJC e pStuttgart juntamente com Sadlej-pVTZ (MCGILL, 1998).

Figura 1 - Box-plot para os dados de intensidades Raman média, fraca e forte

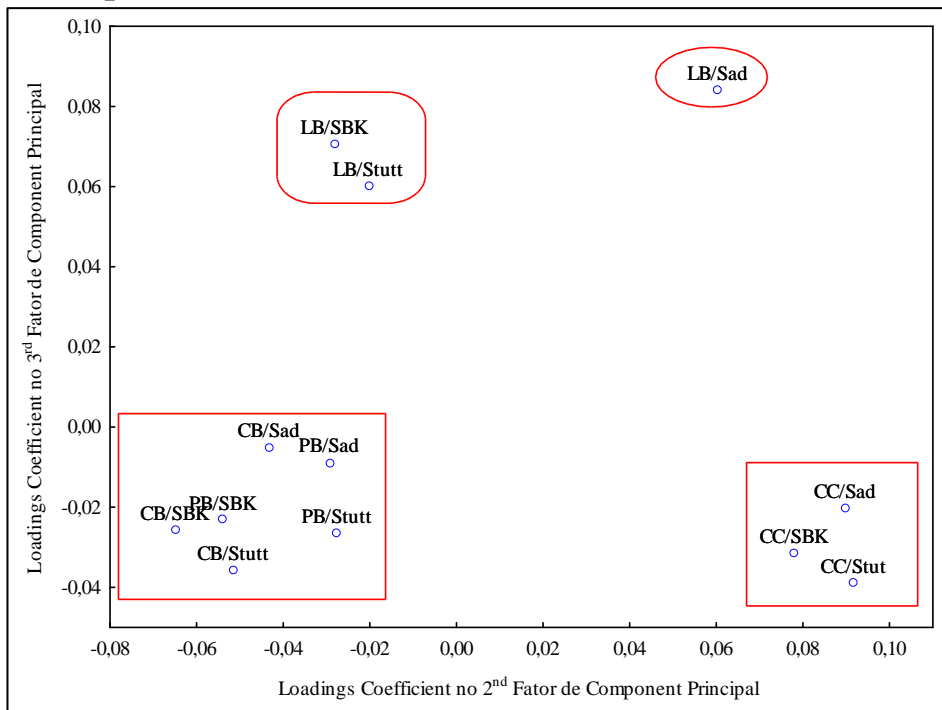


Fonte: A Autora, 2021.

O box-plot exhibe a tendência central não-paramétrica (mediana), dispersão (quartis 25% e 75%), forma de distribuição ou simetria da amostra (valores pontuais mínimo e máximo), valores atípicos (outliers) e extremos (NETO *et al*, 2017). Ao analisar esses gráficos, foi obtido uma variação semelhante na distribuição do conjunto de dados, o que representou uma concordância significativa entre a proposta ECPs e os conjuntos de base de referência. O método LB94 produziu maiores valores para as bandas Raman fortes em comparação com outros métodos, o que resultou

em alguns outliers para as moléculas de metano, ou seja, calculou alguns valores superestimados de intensidades Raman para bandas fortes, o que tornou seus valores medianos no gráfico de análise de distribuição um pouco mais altos para o protocolo de ECPs proposto junto com o conjunto de referência de todos os elétrons. Considerando os protocolos teóricos propostos de pseudo-potencial (pSBKJC & pStuttgart) e as bases de Sadlej estabelecidas nos níveis das teorias CCSD e TDDFT, aplicou-se o método multivariado PCA para o conjunto de dados abrangendo as bandas de intensidade Raman forte, média e fraca, onde os autovalores e as variabilidades nas componentes principais coletaram um conjunto de dados de 140 casos, ou seja, intensidades Raman, e o conjunto de 35 dados individuais, usando os 12 métodos computacionais.

Figura 2 – Comparação entre os loadings-coeficientes dos PC2 e PC3 para as intensidades Raman das moléculas do interesse



Fonte: A Autora, 2021.

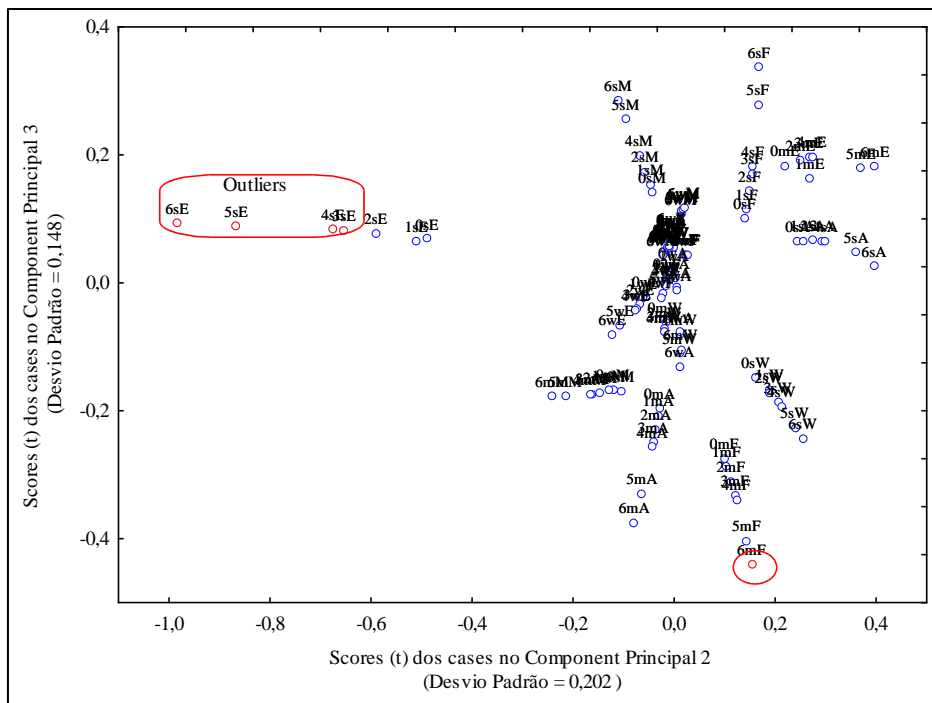
Como as componentes principais (PC) são ortogonais, é possível examinar as relações entre amostras e variáveis através dos gráficos dos scores e dos loadings, os quais permitem estimar a influência de cada variável em cada amostra. Na figura 2 tem-se as análises por componentes principais dos scores e loadings com seus respectivos grupos formados. A análise loading - coefficients das componentes principais é sugerida como ferramenta muito útil para explorar a importância das variáveis e investigar suas eficiências, com

base nas correlações entre o espalhamento Raman (YOUCAI; SHENG, 2017; MASSART, 1998).

Os scores são as projeções das intensidades Raman para cada método computacional ao longo da linha da PC e plotá-los, na forma de bi-plot, pode destacar as semelhanças e diferenças em entre eles, resultando na formação de grupos (EUERBY; PETERSON, 2003)

Na figura 2, referente ao score PC₁-PC₂ do conjunto de dados, foi expressa a distribuição e classificação das intensidades de espalhamento Raman estático e dinâmico, com sucesso. Onde, ele conseguiu explorar a intenção de espalhamento das intensidades Raman em três tipos de grupos de aglomeração, ou seja, forte, médio e fracas, como demonstrado nas figuras anteriores, com base na orientação do PC₂ sobre PC₁, representando um total de 99,755% da variância.

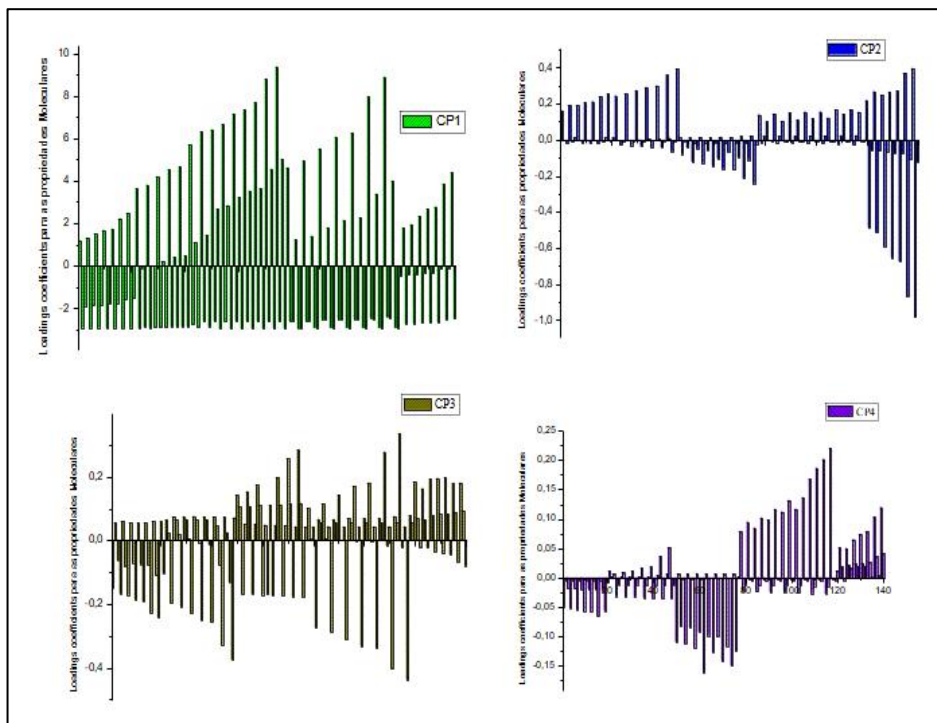
Figura 3 – Comparação entre os scores dos PC2 e PC3 para as intensidades Raman das moléculas do interesse



Fonte: A Autora, 2021.

De acordo com a tabela 1, a primeira componente principal mostra uma alta contribuição para todos os processos computacionais das bandas de intensidade Raman forte e média dos conjuntos de dados. Ao analisar o conjunto de dados que consiste na banda de intensidade Raman fraca, todos os métodos computacionais mostram contribuições positivas com uma exceção para o método LB94 / Sadlej-Pvtz que representa um valor de contribuição positiva mais alto de 0,7498 na 2ª PC.

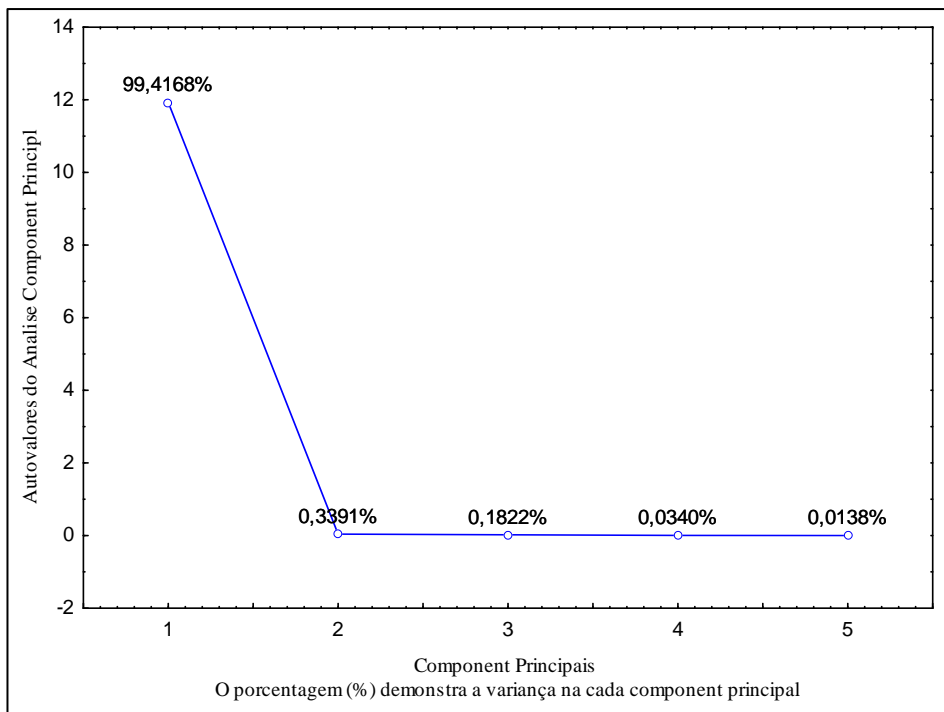
Figura 4 – Loadings coeficientes dos componentes principais em relação às propriedades moleculares para CP1, CP2, CP3 e CP4.



Fonte: A Autora, 2021.

Em geral, na análise de componentes principais as duas ou três primeiras PC que acumularem uma porcentagem relativamente alta de variação, 70%, explicam a maior variabilidade presente entre as variáveis analisadas. Sabendo disso, no presente trabalho as três primeiras componentes principais (PCs) foram os componentes mais significativos, representando 99,938% das propriedades Raman computadas de variância total (isto é, PC1: 99,417%, PC2: 0,339%, PC3: 0,182%) para o conjunto de dados Raman completo.

Figura 5 - Screen-tree plot dos autovalores das componentes principais



Fonte: A Autora, 2021.

Conforme descrito na tabela 2 a primeira e a segunda componentes principais mostraram uma variância geral de 99,755% para o conjunto de dados Raman, o que significa que foi possível descrever o máximo possível da variação entre os casos, visto que, na PCA, as componentes principais (PC) são ajustados a um conjunto de dados, de forma que a primeira PC possa descrever máxima variação, enquanto a segunda PC é ajustada de forma ortogonal à primeira PC, e é direcionada para caracterizar o máximo das variações restantes e assim por diante (EUERBY; PETERSON, 2003).

CONCLUSÃO

Os cálculos realizados para as intensidades das bandas fundamentais do espectro Raman vibracional dos sistemas gasosos foram eficientes demonstrando que as atividades de espalhamento Raman corresponderam com o conjunto de base de referência. E com o auxílio do modelo de box-plot detectou-se os outliers no conjunto de dados Raman calculado, visto que, o método LB94 mostrou comportamento diferenciado com alguns valores superestimados de intensidades para bandas fortes.

A análise de PCA proposta identificou e agrupou com sucesso os valores de absorção espectral de intensidade Raman semelhantes, com base na natureza inerente dos modos ativos Raman. Além disso, os gráficos de scores diagnosticaram o efeito da excitação do laser de energias nas intensidades Raman, onde um aumento na intensidade Raman dos valores de identidade e o aumento da potência de excitação do laser tem sido explorado. A PCA também, por meio de gráficos de loadings, conseguiu expressar a importância das variáveis e suas semelhanças através da formação de grupos.

Sugere-se então que a PCA é um método estatístico robusto que pode ser aplicado para avaliar e avaliar a eficiência da teoria métodos, uma vez que investigou e avaliou com sucesso nossa proposta ECP (pSBKJC & pStuttgart) para o cálculo das propriedades Raman.

REFERÊNCIAS

ANASTASOPOULOU, M.; VASILOPOULOS, K. C., ANAGNOSTOPOULOS, D., KOUTSELAS, I., PAPAYANNIS, D. K., KARAKASSIDES, M. A. Structural and theoretical study of strontium borophosphate glasses using raman spectroscopy and ab initio molecular orbital method. **The Journal of Physical Chemistry B**, v. 121, n. 17, p. 4610-4619, 2017.

BARANOWSKA, A.; SADLEJ, A. J. Polarized basis sets for accurate calculations of static and dynamic electric properties of molecules. **Journal of computational chemistry**, v. 31, n. 3, p. 552-560, 2010.

BRIANDET, R.; KEMSLEY, E. K.; WILSON, R. H. Discrimination of Arabica and Robusta in instant coffee by Fourier transform infrared spectroscopy and chemometrics. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 44, n. 1, p. 170-174, 1996.

EUERBY, M. R.; PETERSON, P. Classificação cromatográfica e comparação de colunas de cromatografia líquida de fase reversa comercialmente disponíveis usando análise de componentes principais. **Journal of Chromatography A**, v. 994, n. 1-2, pág. 13-36, 2003.

HONGYU, K. **Comparação do GGE-biplot ponderado e AMMI-ponderado com outros modelos de interação genótipo × ambiente**. 2015. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Estatística e Experimentação Agronômica). Piracicaba: USP. 155p.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. Applied multivariate statistical analysis. 6. ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 2007.
KHAN, A.; VAZQUEZ, P. A. M.; FERNANDES, R. M. T. “**Assessment of the proposed pseudo-potential theoretical model for the static and dynamic Raman scattering intensities: Multivariate statistical approach to quantum-chemistry protocols**”.

Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, Volume 245, 2021, 118891, ISSN 1386-1425, <https://doi.org/10.1016/j.saa.2020.118891>.

MASSART, D. Chemometrics: a textbook. 1988.

MCGILL, J. I. In: **Airline Multiple Fare Class Seat Allocation'**, ORSA/TIMS Joint National Conference, USA. 1988.

MEIER, R. J. Are current DFT methods sufficiently reliable for real-world molecular systems?. **Faraday discussions**, v. 124, p. 405-412, 2003.

NETO, J. V.; SANTOS, C. B.; TORRES, E. M.; ESTRELA, C. Boxplot: um recurso gráfico para a análise e interpretação de dados quantitativos. **Revista Odontológica do Brasil Central**, v. 26, n. 76, 2017.

NEUGEBAUER, J.; REIHER, M.; HESS, B. A. Coupled-cluster Raman intensities: Assessment and comparison with multiconfiguration and density functional methods. **The Journal of chemical physics**, v. 117, n. 19, p. 8623-8633, 2002.

StatSoft Inc., (2004). "Statistica," Data Analysis Software System, version 7, 2004.

VIDAL, L. N.; VAZQUEZ, P. A. M. Cálculo ab initio de intensidades Raman dinâmicas utilizando a teoria da resposta linear. **Química Nova**, v. 26, n. 4, p. 507-511, 2003.

VIDAL, L. N.; VAZQUEZ, P. A. M. Determination of ab initio absolute Raman excitation profiles using linear response theory. **International journal of quantum chemistry**, v. 103, n. 5, p. 632-648, 2005.

VIDAL, L. N.; VAZQUEZ, PEDRO A. M. A new ECP basis set for accurate calculations of dynamic Raman intensities. 2010.

VIDAL, Luciano N.; VAZQUEZ, Pedro AM. Electrically polarized valence basis sets for the SBKJC effective core potential developed for calculations of dynamic polarizabilities and Raman intensities. **Theoretical Chemistry Accounts**, v. 131, n. 2, p. 1-8, 2012.

YANAI, T.; TEW, D. P.; HANDY, N. C. A new hybrid exchange–correlation functional using the Coulomb-attenuating method (CAM-B₃LYP). **Chemical physics letters**, v. 393, n. 1-3, p. 51-57, 2004.

YOUCAI, Z.; SHENG, H. Pollution characteristics of industrial construction and demolition waste. **Pollution Control and Resource Recovery**, 2017.

CARACTERIZAÇÃO DA TAXA DE ESCURECIMENTO DA BANANA PÓS-COLHEITA ATRAVÉS DA TÉCNICA DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS DO *SOFTWARE SCILAB*

Sergio Nolêto Turibus¹

Thaylon Henrique da Silva Costa²

INTRODUÇÃO

O agronegócio no Brasil representa uma expressiva participação no cenário econômico, ocupa uma notável posição na escala mundial de produção agrícola, sendo o quarto maior produtor de alimentos (RAJÃO; RITTL, 2019), destacando-se a produção de banana (*Musasp*), a segunda maior cultura de frutos do país. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE (2018), a produção foi em torno de 6,8 toneladas.

No entanto, a cultura da banana é limitada por muitas pragas, dentre elas, destaca-se a Sigatoka, causada pelo fungo *Mycosphaerellasp*, é uma doença que ataca as folhas da bananeira, reduzindo a área foliar e induzindo grandes perdas na produtividade e qualidade da fruta, resultando assim na diminuição do número banana por cacho, bem como redução do tamanho do cacho e maturação precoce dos frutos no campo ou mesmo durante o transporte (EMBRAPA, 2019).

A banana por sua vez possui um elevado valor nutricional, ótima fonte de energética além de possuir quantidades consideráveis

¹ Universidade Estadual do Maranhão – UEMA/Campus Balsas

² Universidade Estadual do Maranhão – UEMA/Campus Balsas

de vitaminas A e C, fibras, proteínas, carboidratos, cinzas, lipídeos, potássio, fósforo, magnésio, sódio, dentre outros minerais em menores quantidades (NERIS et al, 2018). Além dessas características, possui ainda um alto teor de água, o que a torna um fruto muito perecível, sofrendo grandes perdas durante a produção, colheita, armazenamento e transporte e por ser um fruto climatérico, a banana possui um período de maturação curto, isto em razão da alta taxa respiratória e a produção de etileno, fator responsável pela aceleração do amadurecimento do fruto, significando por tanto menor tempo de conservação (BARBOSA et al, 2019).

Na fase de amadurecimento, a banana sofre diversas modificações em sua aparência, textura e composição química, provocadas pela transformação do amido em açúcares, redução do pH e aumento da acidez e ao mesmo tempo ocorre o amarelamento da casca devido a degradação da clorofila e o surgimento de pigmentos escuros (VERGEINER; BANALA; KRÄUTLER, 2013, NERIS et al, 2018).

O escurecimento nas cascas de bananas, bem como em outros frutos, é causado pela oxidação enzimática de compostos fenólicos em quinonas, que, em seguida, polimerizam-se resultando em manchas marrons no fruto. Entre as principais enzimas responsáveis por este processo estão as polifenoloxidasas e as peroxidases, portanto, o escurecimento ocorre quando as células são danificadas

e a compartimentalização intracelular é interrompida (MORAES et al, 2015).

A banana sob condições adequadas de armazenamento e conservação, pode ser induzida a maturar rápido, como também a amadurecer de forma lenta. Tal procedimento se faz possível através do controle do ar da umidade e da temperatura.

Visando evitar danos ao plantio de culturas agroindustriais, bem como prejuízos econômicos aos agricultores, este trabalho teve como objetivo trabalhar com a técnica de processamento de imagens para a identificação de doenças bem como determinar com precisão e o grau de deterioração e infestação em plantas e frutos, resultando assim interpretações gráficas e teóricas, utilizando o *Software Scilab*.

O *Scilab* é um software de código aberto e licença livre aplicado à computação numérica, que proporciona um ambiente de computação muito poderoso para aplicações científicas. O ambiente científico do *Scilab* possui muitas funções matemáticas contando com uma linhagem de programação de alto nível, que permite o desenvolvimento e acesso aos dados de forma estruturada, possuindo um quantitativo significativo de funcionalidades.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada neste trabalho baseou-se em uma pesquisa bibliográfica, a coleta dos dados de imagem e a experimentação.

O fruto em estudo (banana), foi adquirido em supermercados locais do município de Balsas – MA no estado 2 de maturação (cascas verde-maduro) e encaminhados para o Laboratório de Matemática da Universidade Estadual do Maranhão, Campus Balsas e mantidos em temperatura ambiente. O processo de escurecimento da banana foi monitorado através de imagens por período de cinco dias.

Durante o período experimental e em dias alternados, foram feitas imagens como o mesmo padrão, resolução e enquadramento no formato *jpg*, favorecendo a sistematização da padronização. Tal procedimento só foi possível através de um cubo de ondas e um bloqueador de luz dispostos no laboratório.

Segundo (SOARES, 2019, pg. 32), “Processamento digital de imagens entende-se a manipulação de uma imagem via computador, de modo que entrada e saída do processo sejam imagens, visando melhorar o aspecto visual de certas feições estruturais, proporcionando maior facilidade na extração de informações”.

O processamento das imagens para determinação da expansão da taxa de escurecimento da banana foi feito com o *software Scilab*, uma ferramenta computacional bastante utilizada na resolução de vários problemas que envolvem cálculos de visualização gráfica de dados.

O *Scilab* é um *software* científico que apresenta um ambiente computacional poderoso de linguagem de programação de alto nível de código aberto, o programa é uma excelente alternativa para

computação numérica, possuindo semelhança com outros *softwares* como MATLAB.

O Scilab é um ambiente de programação numérica bastante flexível. Desenvolvido desde 1990, o Scilab é distribuído gratuitamente desde 1994.

As principais vantagens que contribuíram para a escolha do *software* é a linguagem simples de programação e fácil de aprender, é livre de direitos autorais, ou seja o seu acesso é legalmente utilizado, distribuído e modificado, em que os resultados podem ser divulgados. Além disso, o programa conta uma alta gama de compatibilidade, para mais, o *software* conta com sistema poderoso de geração de gráficos.

Após a aquisição das imagens, foi realizado no *Scilab* o processamento das mesmas. Para realizar processamento foram feitos vários procedimentos e uso de comandos para manipular (processar) a imagem.

Os comandos do *Scilab* são realizados através de uma linguagem de códigos. A imagem da banana foi carregada para a 'interface' do Scilab com o comando "*imread*". Posteriormente, com o código "*rgb2gray*" a imagem é transformada para a escala cinza para facilitar a modificação da imagem para a escala binária, a qual permitirá a leitura e identificação da atividade das enzimas oxidativas. Tal comando é dado pelo código "*im2bw*", nesta etapa a imagem é transformada para as cores "preta e branca". No processo

a caracterização da taxa de escurecimento consistiu em identificar a atividade enzimática e dando-as a cor preta, e para identifica a parte saudável com a cor branca. Ou seja, na contagem dos *pixels* da imagem, só aparecem às cores pretas e brancas, facilitando a contagem dos *pixels* pretos que representam a deterioração da banana. A cor branca, fundo da imagem o programa reconhece como a parte pelo qual não sofreu ação enzimática. A contagem do número de pixel é feita através de através do gráfico de histograma.

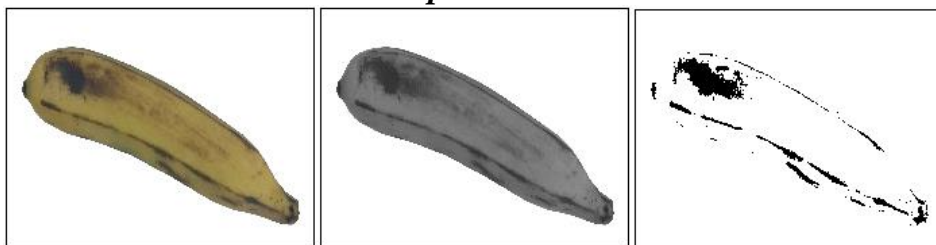
RESULTADOS E DISCUSSÃO

A banana apresentou-se como uma ótima alternativa para este estudo, uma vez que o processo de maturação do fruto é rápido além do mais, expressa sinais de atividade por enzimas oxidativas que são um dos fatores responsáveis pela coloração marrom na casca da banana, ou seja, são responsáveis pela deterioração e apodrecimento do fruto. Medindo-se a taxa de escurecimento da banana pós-colheita através da técnica de processamento de imagens da plataforma *Scilab*, é possível controlar as condições de conservação do fruto, contribuindo para a qualidade do mesmo, pois, ao saber em qual estagio de maturação a banana se encontra é possível, através, de técnicas que controlam o ar, a umidade, e a temperatura, acelerar ou retardar o amadurecimento do fruto.

No início da contagem de *pixels* da imagem da banana, ou seja, quando o fruto começou a ser estudado, após serem executados

os comandos que transformaram a imagem para a escala cinza e posteriormente para a imagem binária, obteve-se 115.667 (cento e quinze mil seiscientos e sessenta e sete) *pixels* da cor preta, representando a deterioração do fruto.

Figura 2. Imagem de uma banana no início da contagem de *pixels*.



Fonte: Dados da pesquisa, 2021

No terceiro dia, a banana visualmente expressou em sua casca sinais mais excessivos da ação das enzimas. A imagem passou pelo estudo no Scilab apresentando 279.069 (duzentos e setenta e nove mil e sessenta e nove) *pixels* pretos, 163402 *pixels* a mais, caracterizando assim um aumento gradativo da área afetada pela ação das enzimas oxidativas, resultando assim o aumento do escurecimento do fruto, conforme é mostrado na Figura 3.

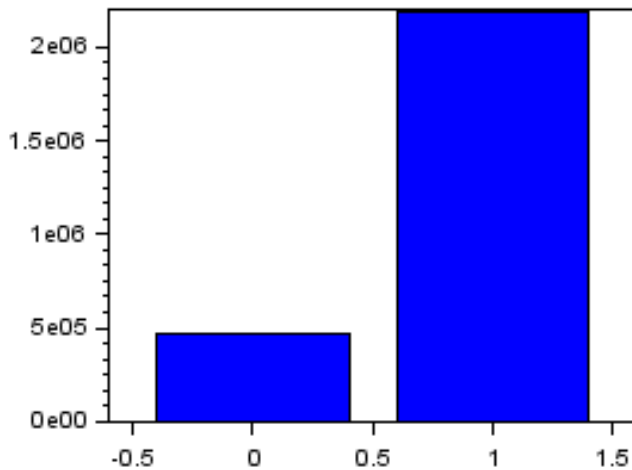
Figura 3. Imagem de uma banana três dias após o início da contagem de pixel.



Fonte: Dados da pesquisa, 2021

Na figura 4, representada por um histograma, mostra que é possível determinar a quantidade de *pixels* exatos que a imagem tem. *Pixels* brancos na imagem binária são representados pelo número 1 (um), e os pretos pelo número 0 (zero).

Figura 4. Histograma da quantidade de *pixels* pretos e brancos da imagem binária da banana três dias após a contagem de *pixels*.



Fonte: Dados da pesquisa, 2021

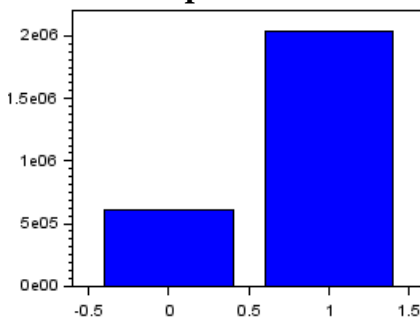
No final do período de experimentação, no quinto dia, foi realizada a última leitura de dados da banana no *Scilab*, a mesma já apresentava um alto nível de apodrecimento, a casca por sua vez, expressava o forte escurecimento gerado pelas enzimas. Na interface do *software*, depois da manipulação da imagem foi caracterizada com 334.675 (trezentos e trinta e quatro mil seiscentos e setenta e cinco) pixels pretos. Apresentando 219008 (duzentos e dezenove mil e oito) pixels a mais.

Figura 5. Imagem de uma banana cinco dias após o início da contagem de pixel.



Fonte: Dados da pesquisa, 2021

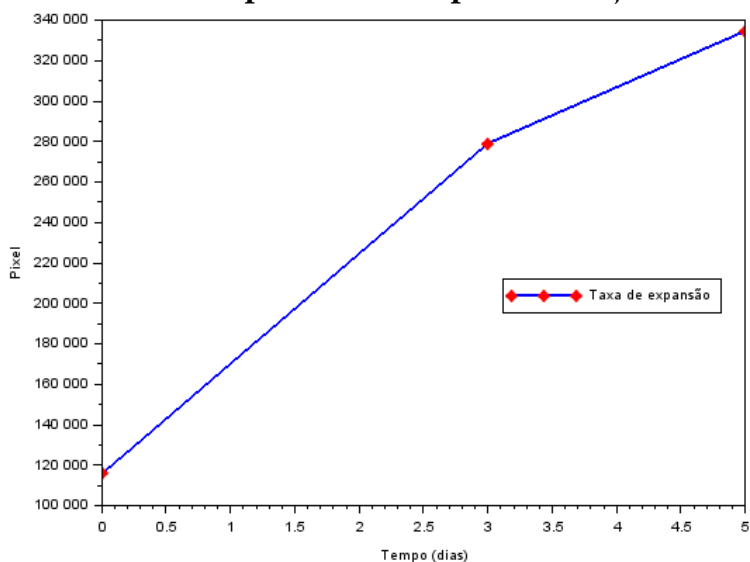
Figura 6. Histograma da quantidade de pixels pretos e brancos da imagem binária da banana três dias após a contagem de pixels.



Fonte: Dados da pesquisa, 2021

Após a leitura da quantidade de *pixels* pretos e brancos através do histograma, foi possível produzir um gráfico da taxa de expansão do escurecimento durante os cinco dias.

Figura 7. Taxa de expansão do escurecimento da banana durante o período de experimentação.



Fonte: Dados da pesquisa, 2021

A leitura do gráfico permite compreender que após a primeira medição de pixels pretos, a expansão das enzimas aumentou consideravelmente caracterizando o apodrecimento parcial do fruto, especificamente no terceiro dia depois da medição inicial de pixels. Ao término da experimentação, no quinto dia, na catalogação dos pixels pretos da imagem da banana, foi constatado visualmente e em

valores numéricos que o fruto encontrava-se em um elevado estado de escurecimento total da casca.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados da caracterização usando o *Software Scilab*, observou-se que foi preciso a contagem de *pixels*, permitindo a manipulação dos mesmos e a determinação precisa de dados de difícil cálculo.

Através da técnica de processamento de imagens foi possível determinar a caracterização da taxa de escurecimento da banana pós-colheita; os dados das imagens binárias, através da quantidade de *pixels* representam a deterioração, demonstrando a taxa de expansão da oxidação enzimática de compostos fenólicos do fruto (banana).

As observações na análise dos dados mostram a taxa de expansão de apodrecimento do fruto, permite controlar a qualidade da banana, pois é possível acelerar ou atrasar o processo de maturação da banana através do controle da temperatura e umidade do ambiente em que o mesmo se encontra. Portanto, faz-se conveniente mensurar que os resultados mostram que o *Software Scilab* permitiu caracterizar a taxa de escurecimento da banana, tendo resultados precisos na contagem de *pixel*.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, Luirick F. S; ALVES, Anderson L., DE SOUSA; Karla dos Santos M.; FIGUEREIDO NETO, Acácio; CAVALCANTE. Ítalo H. L.; VIEIRA, Jucilayne F. Qualidade pós-colheita de banana 'Pacovan' sob diferentes condições de armazenamento. **Magistra**, v. 30, p. 28-36, 2019.

CORDEIRO, Zilton José Maciel; DE MATOS, Aristóteles Pires; MEISSNER FILHO, Paulo Ernesto. Sigatokas. **Embrapa**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia40/AG01/arvore/AG01_45_41020068055.html> Acesso em 29 de setembro de 2019.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2018). Banco de dados agregados: sistema IBGE de recuperação automática: SIDRA. Recuperado em 28 setembro de 2019, de www.sidra.ibge.gov.br.

LIU, Yupei; ZHU, A.; TAN, H.; CAO, L.; ZHANG, R. Engineering banana endosphere microbiome to improve Fusarium wilt resistance in banana. **Microbiome**, v. 7, n. 1, p. 74, 2019.

MORAES, A.J.M., LAURETH, J.C.U., LUCKMANN, D., MOURA, C.A., PAULUS, C., BRAGA, G.C. Atividade de peroxidase e polifenoloxidase em bananas após choque térmico e armazenamento a frio. In: **Congresso Brasileiro de Processamento mínimo e Pós-colheita de frutas, flores e hortaliças**, 001. Anais... Aracaju SE, 2015

NERIS, T. S., SOUSA, S.; LOSS, R. A.; CARVALHO, J. W. P.; GUEDES, S. F. Avaliação físico-química da casca da banana (*Musa spp.*) in natura e desidratada em diferentes estádios de maturação. **Ciência e Sustentabilidade**, 4(1), 5-21, 2018.

RAJÃO, Raoni; RITTIL, Caolos **O agronegócio brasileiro é uma potência, mas se tornou uma ameaça**. Disponível em: <<https://envolverde.cartacapital.com.br/o-agronegocio-brasileiro-e>

uma-potencia-mas-se-tornou-uma-ameaca-diz-artigo/> Acesso em:
28 de setembro de 2019.

SOARES, José Alexandre Fernandes. Aplicação das matrizes no Processamento de Imagens usando o *software* Scilab. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual do Maranhão UEMA Programa de Pós-Graduação, São Luís 2019

VERGEINER, Clemens; BANALA, Srinivas; KRÄUTLER, Bernhard. Chlorophyll breakdown in senescent banana leaves: catabolism reprogrammed for biosynthesis of persistent blue fluorescent tetrapyrroles. **Chemistry–A European Journal**, v. 19, n. 37, p. 12294-12305, 2013.

**DESIGN COMPUTACIONAL E PREVISÕES DE
PROPRIEDADES FÍSICAS PARA MONOCAMADA DE WTe_2**

Liana de Oliveira Araújo¹

Fernando Marques Moucherek²

Edvan Moreira³

INTRODUÇÃO

A Nanociência e a Nanotecnologia (N&N) advêm como uma ideia sugestiva do físico Richard Feynman em uma palestra para a Sociedade americana de Física em 1959 e, desde então, a manipulação de estruturas pequenas se tornou além de novidade, uma brecha para o avanço tecnológico. Todavia, a impossibilidade de termos cálculos com precisões destes materiais trouxe a necessidade de novos métodos de estudo, um laboratório computacional. Através desta caminhada da N&N, em 2004 cientistas de todo mundo voltaram seus olhares para um nanomaterial chamado Grafeno e a técnica de esfoliação, para se preparar amostras de materiais bidimensionais em uma camada. A partir desse momento, os materiais nanoestruturados são comparados ao seu desempenho, até mesmo na tentativa de encontrarmos materiais com estruturas e propriedades iguais ou melhores, desde que o custo seja mais barato. A folha de grafeno é inspiradora quando falamos de sua estrutura e particularidade, isso se deve pelo fato do grafeno apresentar átomos

¹ Graduada do Curso de Física Licenciatura da Universidade Estadual do Maranhão; Bolsista PIBIC/CNPq.

² Docente do Departamento de Física da Universidade Estadual do Maranhão.

³ Docente do Departamento de Física da Universidade Estadual do Maranhão.

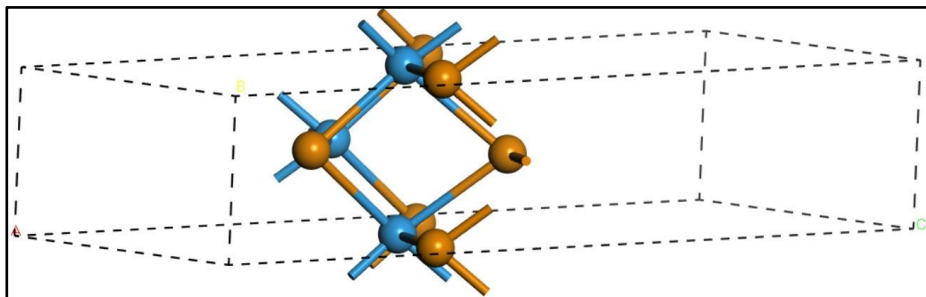
de Carbono em uma estrutura planar e compacta de modo que seja resistente e leve. Porém, uma limitação do grafeno é não apresentar *gap* de energia essencial para aplicações em dispositivos eletrônicos e ópticos.

Os dicalcogenetos de metal de transição (TMDs) são uma classe de materiais inorgânicos com estrutura estequiométrica do tipo XY_2 , onde X é um metal de transição dos grupos IV-VI da Tabela Periódica (ex: Mo, Ti, Nb) e Y é um calcogênio (ex: S, Se, Te, etc) caracterizados por ligações covalentes entre os elementos X e Y apresentando polarização causada pela transferência eletrônica entre os átomos metálicos e calcogênitos [...] “segundo as propostas teóricas e experimentais relacionadas às propriedades eletrônicas do grafeno. Estes nanomateriais em questão estão sendo estudados e aplicados nas últimas décadas em processos de catálise e lubrificantes” (ARAUJO, L. O. et al. Vol. 8. Cap 5. Pag. 73 – 88). Estes materiais em estado puro apresentam propriedade semicondutora com *gap* de energia equivalente a 1eV. Um TMD vastamente estudado é o Dissulfeto de Molibdênio (MoS_2) que apresenta em forma de monocamada, propriedades semicondutoras em altas temperaturas podendo ser utilizado na indústria eletrônica. Estudamos outro material da família dos TMDs chamado Ditelureto de Tungstênio (WTe_2) na sua forma de monocamada, ou seja, na forma bidimensional de camada única, através de cálculos computacionais onde investigamos, modelamos e analisamos,

porém, houve a necessidade de compararmos o nanomaterial entre suas dimensões, pois, sua estrutura apresentou resultados intrigantes.

O WTe_2 atrai a atenção de cientistas, não só por suas aplicações na indústria, mas também pela sua particularidade estrutural e eletrônica quando está em distintas dimensões (Figura 1) possibilitando uma comparação entre elas. Todavia, seus átomos de $W(+4)$ e $Te(-2)$ diferente dos outros TMDs, têm forma estrutural, após a otimização, Triclínica na sua forma bidimensional ($\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$; $a = 6,243 \text{ \AA}$; $b = 3,420 \text{ \AA}$; $c = 19,905 \text{ \AA}$) e ortorrômbica na tridimensional ($\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$; $a = 6,240 \text{ \AA}$; $b = 3,427 \text{ \AA}$; $c = 14,307 \text{ \AA}$) por ligações covalentes onde suas camadas interplanares são arranjadas por ligações fracas tal como van der Waals comum entre os familiares do TMDs. Além disso, seu comportamento mediante a zona de Brillouin, visando as bandas de valência do material, na forma bidimensional apresenta características que escapam dos materiais semicondutores tendo em vista o *bandgap* disposto por ele. Porém, o estudo óptico nos proporciona otimismo e aplicações variadas no campo dos sensores.

Figura 1: Célula primitiva da monocamada de Ditelureto de Tungstênio (WTe_2) antes da otimização.



Fonte: Autoria Própria (2022)

METODOLOGIA

Apresentaremos neste trabalho um estudo sobre as propriedades físicas do Ditelureto de Tungstênio (WTe_2) onde fizemos uma estabilização estrutural, verificamos suas propriedades eletrônicas e ópticas. Os resultados foram obtidos mediante simulações computacionais utilizando o módulo do programa *Materials Studio* CASTEP (DASSAULT SYSTEMS, 2021).

Materials Studio CASTEP é um método de estudo computacional de nanomateriais, cujo investigamos, através do formalismo utilizado (DFT - *Density Functional Theory*), propriedades mecânicas, ópticas e elétricas destes materiais. A teoria funcional da densidade tem como base a mecânica Quântica e seus conceitos, para descrever o comportamento físico de sistemas de muitos corpos, em partículas, átomos, moléculas e sólidos, através de teoremas e aproximações como de Born - Oppenheimer que descrevem as interações intermoleculares, porém, para resultados

ainda mais precisos utilizam-se os funcionais de energia de troca e correlação como as aproximações LDA e GGA. A aproximação da densidade Local (LDA) é mais utilizada para sistemas homogêneos, visto que, a densidade eletrônica varia esse funcional não tem muita concordância com o experimental, então o GGA (Aproximação do gradiente generalizado) tem uma função que considera o seu gradiente, tendo assim resultados mais próximos do que teríamos experimentalmente, sendo desenvolvido durante anos formas de parametrização para proporcionar estes resultados necessários para aplicação do material na indústria, sendo ela, eletrônica ou até mesmo nos cosméticos. Sendo assim, o estudo desse material através da simulação computacional permite um estudo comparativo em relação aos cálculos quânticos no formalismo DFT perante outros materiais da família dos TMDs e a literatura já existente sobre o material estudado (B.E. Brown, 1966).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

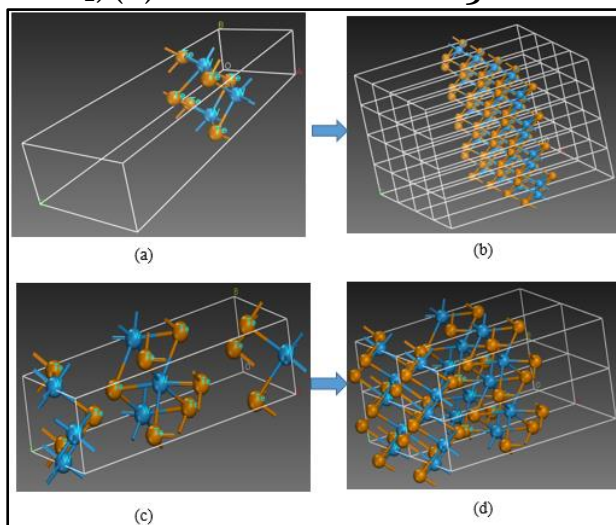
Estabilidade Estrutural

Para estudarmos as propriedades do material de maneira que o mesmo esteja na sua forma primitiva, temos a necessidade encontrarmos a estabilidade entre os átomos que constituem a célula, trazendo para o seu mínimo de energia, e para isso, utilizamos alguns parâmetros da literatura que foi retirado da base de dados cristalográficos (B.E. Brown, 1966). Porém, com obtenção dos

resultados, tivemos a necessidade de compararmos além da literatura da monocamada do WTe_2 , o próprio material de forma 3D, pois, suas propriedades se mostraram diferentes.

Os cálculos foram realizados no formalismo da Teoria do Funcional da Densidade (DFT) para a estrutura triclínica do Ditelureto de Tungstênio (WTe_2), cujos parâmetros foram obtidos de Bruce E. Brown (1966) em *Crystallography Open Database*. A Figura 2 mostra a (a) célula primitiva da monocamada 2D do WTe_2 , (b) uma monocamada de WTe_2 a partir da célula primitiva, e ainda, (c) a célula primitiva da estrutura cristalina 3-D e sua replicação para WTe_2 , para efeito de comparações.

Figura 2: (a) Célula primitiva da monocamada (2-D) do Ditelureto de Tungstênio (WTe_2); (b) Monocamada WTe_2 formada a partir da célula primitiva; (c) Célula primitiva 3-D do WTe_2 ; (d) Estrutura cristalina 3-D do WTe_2 .



Fonte: Autoria Própria (2022).

Os parâmetros de rede (a , b , c , α , β e γ) experimentais e aqueles obtidos via aproximações LDA-CAPZ-DFT e GGA-PBE-DFT para as células primitivas 2-D e 3-D estão descritos na Tabela 1. As coordenadas atômicas para a célula primitiva da monocamada do WTe_2 são apresentadas na Tabela 2. Considerando os parâmetros de rede da célula primitiva da monocamada de WTe_2 , após otimização da geometria, houve diminuições nos volumes (V) da célula de 3,21 e 3,70%, tanto na aproximação GGA quanto na aproximação LDA, respectivamente, o que representa um excelente resultado comparados aos dados experimentais e boa estabilidade na convergência dos dados, sem apresentar grandes desvios (menores que 5%).

O parâmetro de maior diminuição foi o parâmetro a (-2,13%) e o b (-2,17%) na aproximação LDA e GGA, respectivamente, enquanto houve uma pequena variação do ângulo γ , conforme apresentado na Tabela 1. Para a célula primitiva 3-D, apresentam-se também pequenas variações nos parâmetros de rede, com maior variação no parâmetro b (-1,97%) e diminuição de volume em menos de 1%, conforme aproximação GGA.

Tabela 1: Parâmetros de rede (a , b , c , α , β e γ) e volumes (V) para as células primitivas 2-D e 3-D do WTe_2 .

| | a (Å) | b (Å) | c (Å) | $\alpha=\beta=\gamma$ | V (Å ³) |
|--|-------------------|-------------------|--------------------|--|-----------------------|
| 2-D WTe_2 – triclinico C_1 | | | | | |
| EXP. | 6.282 | 3.496 | 20.000 | 90.0 | 439.237 |
| LDA-CAPZ | 6.148 (-2.13%) | 3.435 (-1.74%) | 20.022 (+0.10%) | $\alpha=\beta=90.0$; $\gamma=89.677$ | 422.960 (-3.70%) |
| GGA-PBE | 6.243 (-0.62%) | 3.420 (-2.17%) | 19.905 (-0.47%) | $\alpha=90.0$; $\beta=90.1$; $\gamma=89.9$ | 425.133 (-3.21%) |
| 3-D WTe_2 – ortorrombico C_{2v} | | | | | |
| EXP. | 6.282 | 3.496 | 14.070 | 90.0 | 309.004 |
| GGA-PBE | 6.240 (-0.66%) | 3.427 (-1.97%) | 14.307 (+1.65%) | 90.0 | 306.017 (-0.96%) |

Fonte: Autoria Própria (2022).

O Bruce E. Brown no artigo *The Crystal Structures of WTe_2 and High-Temperature $MoTe_2$* faz um comparativo estrutural entre o WTe_2 com $MoTe_2$, pois ambos pertencem a mesma da classe (TMDs). Tendo este como base, verificamos com o que foi obtido computacionalmente notando-se valores similares para cada posição dos átomos na estrutura (Tabela 2) conforme as coordenadas atômicas internas para a célula primitiva do material.

Tabela 2: Coordenadas atômicas internas (u , v e w) para a célula primitiva da monocamada de WTe_2 , em conformidade com os dados experimentais (Brown, 1966) e as aproximações LDA-CAPZ e GGA-PBE.

| Átomos | Aproximação | u | v | w |
|-----------------------|-------------|----------|----------|----------|
| W₁ | EXP. | 0,541400 | 0,000000 | 0,415656 |
| | LDA-CAPZ | 0,543797 | 0,000000 | 0,415643 |
| | GGA-PBE | 0,540720 | 0,000000 | 0,416048 |
| W₂ | EXP. | 0,900500 | 0,500000 | 0,426138 |
| | LDA-CAPZ | 0,899037 | 0,500000 | 0,426258 |
| | GGA-PBE | 0,902152 | 0,500000 | 0,425861 |
| Te₁ | EXP. | 0,800200 | 0,000000 | 0,524628 |
| | LDA-CAPZ | 0,800041 | 0,000000 | 0,524740 |
| | GGA-PBE | 0,801103 | 0,000000 | 0,524329 |
| Te₂ | EXP. | 0,644100 | 0,500000 | 0,317025 |
| | LDA-CAPZ | 0,642936 | 0,500000 | 0,317147 |
| | GGA-PBE | 0,641741 | 0,500000 | 0,317595 |
| Te₃ | EXP. | 0,294100 | 0,500000 | 0,494026 |
| | LDA-CAPZ | 0,294139 | 0,500000 | 0,494028 |
| | GGA-PBE | 0,291798 | 0,500000 | 0,494477 |
| Te₄ | EXP. | 0,148300 | 0,000000 | 0,348261 |
| | LDA-CAPZ | 0,148650 | 0,000000 | 0,347918 |
| | GGA-PBE | 0,151087 | 0,000000 | 0,347424 |

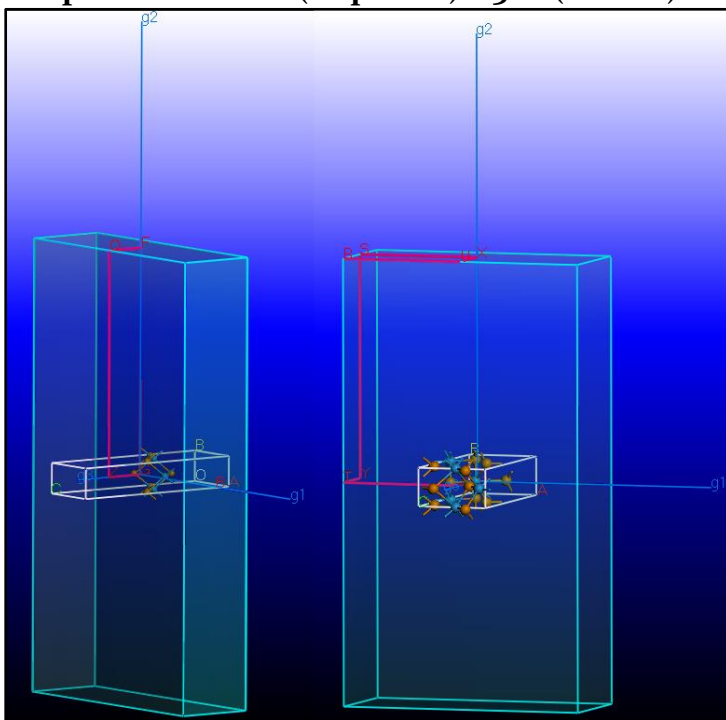
Fonte: Autoria Própria (2022).

Estruturas de bandas e densidades de estados eletrônicos

As estruturas de banda de Kohn-Sham (Kohn e Sham, 1965) fornecem uma ilustração das auto-energias eletrônicas (E) como função das componentes de um vetor de onda K na primeira zona de Brillouin, conforme a Figura 2. Para a monocamada de WTe_2 , os caminhos na zona de Brillouin foram selecionados utilizando segmentos retos conectando um conjunto de pontos de alta-simetria.

Esses pontos foram escolhidos seguindo os mesmos esquemas de cálculo recomendados para essa nanoestrutura: Γ (0,000; 0,000; 0,000), F (0,000; 0,500; 0,000), Q (0,000; 0,500; 0,500) e Z (0,000; 0,000; 0,500). As Figuras 3 e 4 mostram as estruturas de bandas eletrônicas de Kohn-Sham calculadas para 2-D WTe_2 e 3-D WTe_2 , respectivamente, próximas ao nível de Fermi (0.0 eV) utilizando as aproximações LDA-CAPZ (linha preto sólida) e GGA-PBE (linha vermelho tracejada) para o 2-D WTe_2 , enquanto para a fase 3D, calcularam-se as bandas utilizando o funcional GGA-PBE.

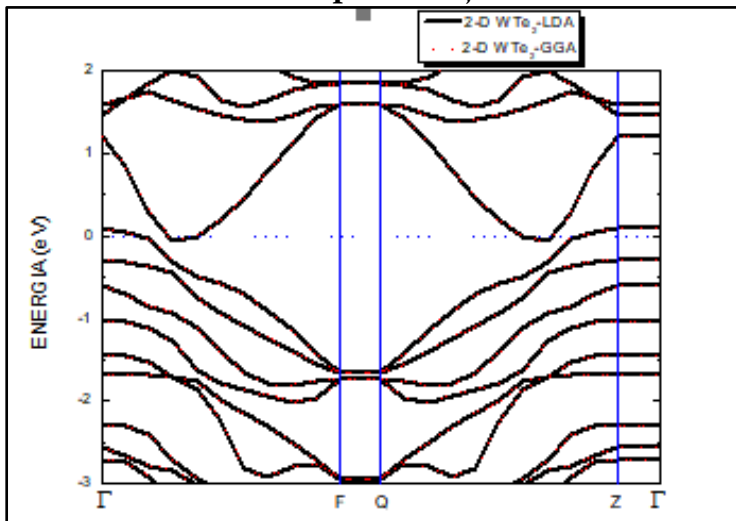
Figura 3: Pontos de auto-simetria da primeira zona de Brillouin para a rede 2-D (esquerda) e 3-D (direita) do WTe_2 .



Fonte: Autoria Própria (2022).

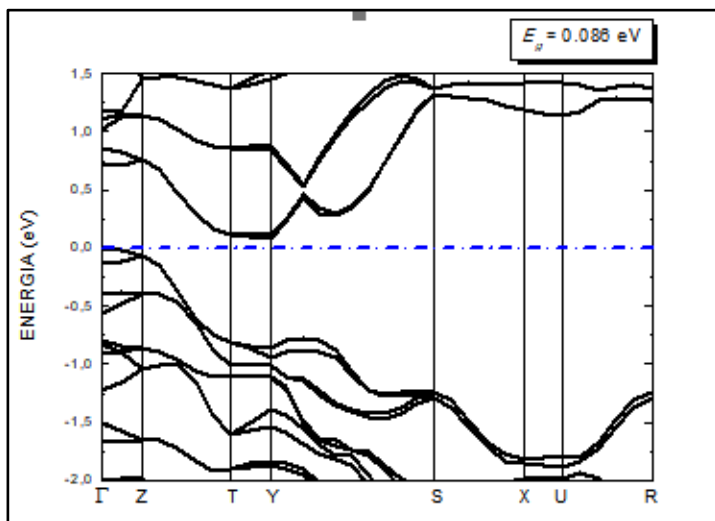
Na Figura 4, observam-se as estruturas de bandas LDA-CAPZ e GGA-PBE da monocamada de Ditelureto de Tungstênio (WTe_2) em um intervalo de -3,0 a 2,0 eV, próximo ao nível de Fermi (0,0 eV). O máximo das bandas de valência da monocamada é demarcado no nível de Fermi, em que ocorre no ponto Γ no espaço recíproco, enquanto há uma sobreposição de uma banda exatamente nesse nível, o que indica um caráter condutor da monocamada em questão, pois quando as bandas de condução se entrelaçam às de valência abaixo do nível de Fermi, demonstra um caráter típico de nanomateriais condutores. Entretanto, segundo a Figura 5, a estrutura cristalina 3-D do WTe_2 apresenta característica de semiconductor por apresentar um *bandgap* estreito indireto ($\Gamma \rightarrow Y$) $E_g = 0,086$ eV, implica dizer que, o momento do nível de baixa energia da região condutiva e de alta energia da região de valência têm os vetores K na zona de Brillouin diferentes e estreitos. Na Figura 5, apresenta-se a estrutura de bandas eletrônicas na aproximação GGA-PBE da estrutura cristalina 3-D do WTe_2 em um intervalo de -2,0 a 1,5 eV, região está próxima ao nível de Fermi.

Figura 4: Estruturas de bandas eletrônicas para a nanoestrutura 2-D WTe_2 próximo ao nível de Fermi (0.0 eV) calculadas com as aproximações LDA e GGA.



Fonte: Autoria Própria (2022).

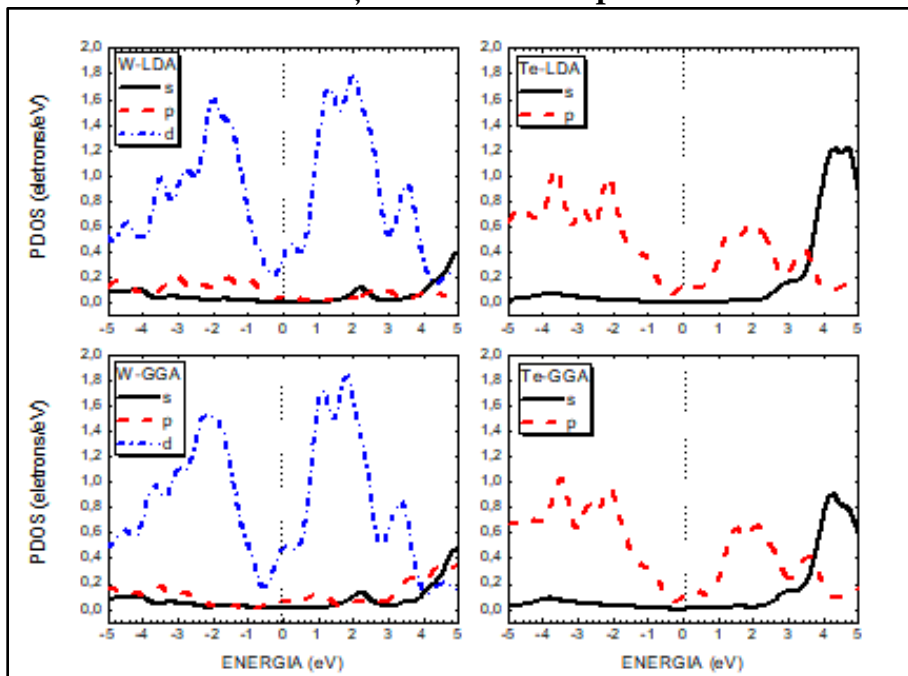
Figura 5: Estrutura de bandas eletrônicas para a nanoestrutura 3-D WTe_2 próximo ao nível de Fermi (0.0 eV) calculada por meio da aproximação GGA-PBE.



Fonte: Autoria Própria (2022).

A Figura 6 apresenta as curvas da Densidade de Estados Parcial (PDOS) da monocamada (2D) do WTe_2 como função da energia (eV) por elementos atômicos, Tungstênio (W) e Telúrio (Te), e seus respectivos orbitais (s , p e d), após os cálculos através das aproximações LDA-CAPZ e GGA-PBE, onde uma breve comparação revela comportamentos similares, próximo ao nível de Fermi, em um intervalo de -5,0 a 5,0 eV. Percebe-se as contribuições do átomo de W para a estrutura eletrônica regido pelo orbital $W-5d^4$ na região próxima ao nível de Fermi em 0,0 eV com maiores intensidades (entre 1,6 e 1,8 eV^{-1}) tanto na banda de valência quanto na banda de condução, considerando as duas aproximações (LDA e GGA). Contribuições menores, na região próxima ao nível de Fermi, são atribuídas ao orbital $5p^4$ do átomo de Te, atingindo intensidades entre 0,6 e 1,0 eV^{-1} . E somente a partir de 3,0 eV observam-se contribuições do orbital $5s^2$, alcançando cerca de 1,2 eV^{-1} principalmente para o átomo de Te e, também, para o átomo de $W-6s^2$ nas duas aproximações consideradas (LDA e GGA). Antes, próximo a 2,0 eV aparece um pequeno pico referente à contribuição do orbital $6s^2$ para o átomo de W, mas não ultrapassa cerca de 0,2 eV^{-1} .

Figura 6: Densidades de Estados Parciais (PDOS) de 2-D WTe₂ com a indicação dos orbitais por átomo.



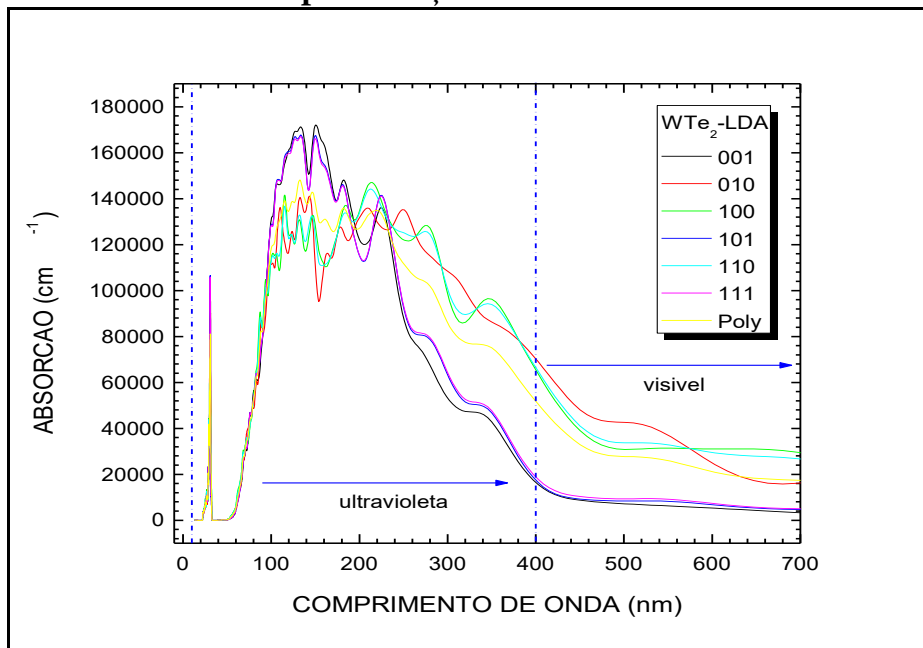
Fonte: Autoria Própria (2022).

Absorção Óptica e Refletividade

Apresentam-se as curvas de absorção óptica visando investigar a radiação absorvida no processo de absorção óptica em função dos comprimentos de onda (em nm), conforme os espectros das Figuras 7 e 8, para a monocamada de WTe₂ segundo as aproximações LDA-CAPZ e GGA-PBE, respectivamente. A absorção de radiação por átomos e moléculas deve estar relacionada com a frequência ou o seu comprimento de onda ($E = hv$), sendo h a constante de Planck, pois as transições relacionadas à absorção de

radiação dizem respeito às excitações eletrônicas, ou seja, os átomos e moléculas absorvem energia na forma de radiação e os seus respectivos elétrons são excitados para estados mais altos de energia. As excitações eletrônicas estão abrangendo as regiões de ultravioleta (UV) e do espectro visível conforme os resultados obtidos. Observam-se nas duas figuras comportamentos similares nos espectros, nas aproximações LDA e GGA, tanto na região de UV quanto na região do visível (Vis), exceto que na aproximação LDA ocorre absorção entre 20 e 40 nm, no UV extremo, possivelmente devido à interação com os elétrons de valência externos dos átomos, mas que não aparecem na aproximação GGA. Os picos máximos (140000 a 180000 cm^{-1}) de absorção ocorrem entre 100 e 200 nm (UVC) nas direções cristalográficas [001], [101] e [111], mas depois diminuem consideravelmente, absorvendo pouco na região do visível, entre 400 e 700 nm, que apresentam maior absorção no visível nas direções [010], [110] e [100].

Figura 7: Absorção óptica nas várias direções cristalinas em função do comprimento de onda para o 2D-WTe₂ na aproximação LDA-CAPZ.

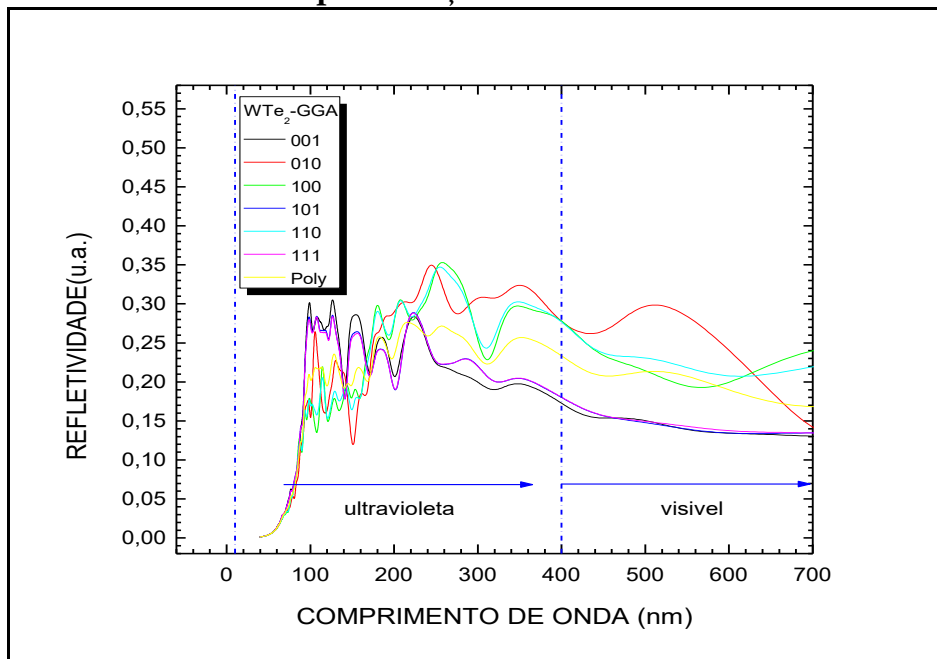


Fonte: Autoria Própria (2022).

Quanto à Refletividade, sabemos que, quando a luz (radiação) interage com um sólido cristalino, uma parte da radiação é transmitida (T) através do meio, uma parte será absorvida (A) pelo material e a outra será refletida (R) na ‘interface’ da estrutura, obedecendo à relação fundamental: $T + A + R = 1$. Assim, materiais com uma boa refletividade fazem com que, por exemplo, sua cor seja percebida, sendo esta determinada pela distribuição dos comprimentos de onda da radiação refletida, e não da absorvida. Na Figura 8, mostra-se a refletividade (u.a.) em função do comprimento

de onda (nm) para a monocamada de WTe_2 , a partir da aproximação GGA, desde que os resultados são similares na aproximação LDA, nas várias direções cristalográficas abrangendo as regiões de UVA, UVB, UVC e a faixa do visível. As curvas demonstram inicialmente refletividade nas direções [001], [101] e [111], mas a partir de cerca de 160 nm, a refletividade nessas direções diminuem consideravelmente até próximo de 15% na região do visível, enquanto após 160 nm, as direções com maior refletividade são [010], [100] e [110] até a região do visível, variando entre 20 e 35%.

Figura 8: Refletividade óptica nas várias direções cristalinas em função do comprimento de onda para o 2D- WTe_2 na aproximação GGA-PBE.



Fonte: Autoria Própria (2022).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ditelureto de tungstênio (WTe_2) é um material que faz parte da estrutura estequiométrica do tipo XY_2 , onde X é um metal de transição dos grupos IV-VI da Tabela Periódica e Y é um calcogênio onde é caracterizada por ligações covalentes entre os elementos X e Y, da classe dos dicalcogenetos de metal de transição (TMDs). É esperado que, por se tratar de um TMDs, o ditelureto de Tungstênio se apresente como semicondutor, porém, para fins de comparação temos que, na estrutura de bandas e densidade eletrônica existem classificações diferentes quanto a estrutura para as duas dimensões. Na sua forma tridimensional tem, o WTe_2 classificado como semicondutor com *bandgap* estreito indireto de $E_g = 0,086$ eV podendo ser aplicado na indústria eletrônica como semicondutor. Entretanto, na sua forma bidimensional tem, uma superposição nas bandas de valência que mostra seu caráter condutor, podendo ser explicado com mais detalhe através do estudo da densidade de estado eletrônica onde, observou-se a contribuição do metal de transição do átomo de tungstênio (W) no orbital $W-5d^z$ para sua estrutura eletrônica, tendo como principal influência sua própria estrutura, pois dependendo dela, os átomos ficaram dispostos e sofrem suas interações de modo que possam serem classificados diante da condutividade elétrica do material.

Quanto sua aplicação na área dos sensores, há absorção óptica que revela sua aptidão através dos comprimentos de onda na faixa

UV e visível, além da refletividade em algumas direções específicas ser percebida, este que se encaixa nas principais características do laser, que são produção de feixe de luz com cor específica (percebida), controle de intensidade, duração de pulso e direcional (formado por ondas produzidas na mesma direção), assim o WTe_2 é um candidato confiante para *lasers*. A monocamada de Ditelureto de tungstênio (WTe_2) é um material desafiador e atraente, suas propriedades divergem, especialmente eletronicamente e nas interações atômicas, dos outros TMDs precisando assim ser analisado além dos parâmetros estudados aqui.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, L. O. et al. **Engenharia 4.0: A era da produção inteligente**. Editora Pascal. Vol. 8. Cap 5. Pag. 73 – 88. Nov. São Luís, Maranhão, 2021.

B.E. Brown. The Crystal Structures of WTe_2 and High-Temperature $MoTe_2$. **Acta Crystallographica** 20 (1966) 268-274.

DASSAULT SYSTEMS. Biovia Material Studio Castep Datasheet. US. **BIOVA**. 2017. Disponível em: < [biovia-material-studio-castep.pdf \(3ds.com\)](#)> Acesso em: 9 de Junho de 2021.

CALLISTER JR, William D. **Ciência e Engenharia De Materiais: Uma Introdução**. Livros Técnicos e Científicos Editora SA, 7ª ed. Rio de Janeiro, RJ. 2008.

FENG, Li-ping et al. First-principles calculations on mechanical and elastic properties of 2H- and 3R- WS_2 under pressure. **ELSEVIER**. Solid State Communications 187, p. 43–47. China, 2014. Disponível

em: <www.elsevier.com/locate/ssc> Acesso em: 14 de Outubro de 2020.

KOHN, W.; SHAM, L.J. Self-Consistent Equations Including Exchange and Correlation Effects. **Physical Review**, v. 140, n. 4A, pp. A1133-A1138, Jun. 1965.

MA, Jinlong et al. Strong anisotropic thermal conductivity of monolayer WTe₂. **IOP Science**. October 2016. DOI:10.1088/2053-1583/3/4/045010, acesso em: 25 de Novembro de 2020.

PAN, Xing-Chen et al. The study on quantum material WTe₂. **Advence in Physics: X**. Vol 3, Marct 2018. DOI: 10.1080/23746149.2018.1468279, acesso em: 14 de Outubro de 2020.

REINA, Nestor javier Fajardo. **Estrutura eletrônica em materiais Bidimensionais: dicalcogenetos de metal de transição (tmds) e bicamada de sílica (SiO₂)**. Dissertação de Mestrado em Física - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, Minas Gerais. 2016.

TORUN, E. et al. Anisotropic electronic, mechanical, and optical properties of monolayer WTe₂. **Journal of Applied Physics**. 119, 074307. 2016.

**DETERMINAÇÃO ELETROANALÍTICA DO PESTICIDA
GLIFOSATO (ROUNDUP®) EM AMOSTRAS AMBIENTAIS
COLETADAS NA CIDADE DE CAXIAS-MA**

Rayza Borba de Lima¹

Quésia Guedes da Silva Castilho²

Jainara da Silva Costa³

INTRODUÇÃO

A agricultura é há muito tempo, uma das principais fontes para a economia no Brasil, sendo uma prática que favorece a subsistência da população, além de ser fortemente utilizada como meio de exportação, implicando, portanto, na manufatura e no comércio. Isso se deve principalmente ao fato de o país possuir abundância de recursos naturais com extensas áreas agricultáveis e disponibilidade de água, calor e luz, elementos fundamentais para a vida. No entanto, o que tem sido levado em discussão nos últimos anos, é o aumento da utilização de agrotóxicos. Segundo o Relatório de Comercialização de Agrotóxicos do IBAMA de 2019, o Brasil é o maior consumidor mundial de agrotóxicos em valores absolutos (IBAMA, 2019a), o que pode acarretar problemas de contaminação ambiental, no que diz respeito aos rios, solos e à saúde humana, seja

¹Graduanda do curso de Química Licenciatura da Universidade Estadual do Maranhão; Bolsista PIBIC/UEMA

²Professora Doutora do Departamento de Química e Biologia da Universidade Estadual do Maranhão

³Graduanda do curso de Química Licenciatura da Universidade Estadual do Maranhão; Bolsista PIBIC/UEMA

pela contaminação dos alimentos, seja pela exposição direta de trabalhadores pelos produtos.

“Os pesticidas são as substâncias de origem natural ou sintética utilizadas no controle de pragas (insetos, ervas daninhas, entre outros) que acarretam prejuízos na produção de alimentos, ou transferem enfermidades aos seres humanos e a outros organismos” (TORRES, 2014, p. 83). Com isso, a ocorrência e acúmulo de herbicidas, e seus metabólitos, no solo, têm efeito deletério sobre o meio ambiente. Particularmente, os organofosfatos e organofosfonatos constituem uma família dos pesticidas mais comumente aplicados na agricultura. Como é o exemplo do glifosato (GLI), conhecido como herbicida de contato não seletivo e pós-emergência (PRASAD *et al*, 2014).

O GLI e seus sais ocupam o primeiro lugar no ranking dos agrotóxicos mais vendidos no mundo (IBAMA, 2019b). Seu crescimento se deu principalmente quando a empresa Monsanto, hoje pertencente à Bayer, lançou sua linha de sementes transgênicas Roundup®, resistentes ao GLI, nos anos 1990. Com isso, a soja, o milho e o algodão resistentes ao herbicida permitiram ao setor agrícola ampliar o uso do GLI nas lavouras para matar ervas daninhas, favorecendo os ganhos em produtividade e rentabilidade (DOMINGUES, 2019).

Contudo, no que diz respeito ao grau de periculosidade deste herbicida, conforme a avaliação do potencial de periculosidade

ambiental, baseada nas características intrínsecas de cada produto bem como no seu comportamento e destino ambiental, além dos efeitos sobre organismos não-alvo (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2019), o GLI se encaixa como perigoso ao meio ambiente (classe III), e quanta a classe toxicológica, este é indicado como altamente tóxico. Tais informações são facilmente disponibilizadas no rótulo do herbicida encontrado comercialmente, como o fornecido pela Roundup/Monsanto. O GLI pode ser adsorvido via oral ou dérmica, sendo excretado principalmente pela urina. Ele é irritante dérmico e ocular, podendo causar danos hepáticos e renais quando ingerido em doses altas. Assim, com o uso indiscriminado, o GLI pode se tornar tóxico à fauna, à população microbiológica e ao homem, devido ao aumento das concentrações de seus resíduos no solo, na água e nos sedimentos (MARINHO, 2010).

Moraes afirma que “o método eletroquímico mais utilizado para a detecção de glifosato baseia-se na teoria da formação de complexos solúveis e eletroativos do glifosato com metais de transição” (MORAES, 2010, p. 30). De fato, é registrado na literatura diversos estudos onde a determinação de GLI é realizada a partir da complexação deste com eletrodos modificados (CAMARGO; FIORUCCI, 2015; SETZNAGL, 2018). Gholivand (2018), por exemplo, construiu um sensor eletroquímico baseado em eletrodo de grafite de lápis modificado por fibra oca composta de nanotubo de carbono de paredes múltiplas-líquido compósito iônico e nanopartículas de

óxido de cobre (CuO) para extração e determinação *in situ* de GLI em amostras reais de solo e água (GHOLIVAND *et al*, 2018). No entanto, também são encontrados estudos, como de Noori e colaboradores, onde, a detecção de GLI em água potável, pôde ser realizada a partir de um método de detecção rápida e direta sem pré-tratamento de amostras, utilizando-se eletrodos impressos em tela comerciais baseados em eletrodos de trabalho e contra-ouro, eletrodo de referência de prata, sem qualquer eletrólito suporte, pré-tratamento da amostra ou modificações nos eletrodos (NOORI *et al*, 2018).

O termo voltametria se refere a um grupo de métodos eletroanalíticos nos quais obtêm-se informações sobre o analito medindo a corrente em uma célula eletroquímica como uma função do potencial aplicado.

“Os métodos eletroanalíticos fazem uso de propriedades elétricas mensuráveis (corrente elétrica, diferenças de potencial, acúmulo interfaciais de carga, entre outros) a partir de fenômenos nos quais uma espécie redox interage física e/ou quimicamente com demais componentes do meio, ou mesmo com interfaces. Tais interações são observadas quando se aplicam perturbações controladas ao sistema, como, por exemplo, uma diferença de potencial entre eletrodos de uma cela eletroquímica. Essas medidas (chamadas de sinais eletroquímicos) podem, então, ser relacionados com algum parâmetro químico intrínseco da espécie” (WANG, J *apud* PACHECO *et al.*, 2013, p. 518).

Por sua vez, a cela eletroquímica é constituída de três eletrodos imersos em uma solução contendo o analito e um excesso de eletrólito reativo chamado eletrólito de suporte. Um dos três eletrodos é o eletrodo de trabalho (ET), cujo potencial em relação a

um eletrodo de referência (ER) varia linearmente com o tempo. O terceiro eletrodo é o contraeletrodo (CE) que frequentemente é um fio de platina enrolado (SKOOG *et al*, 2018). A partir desse conjunto, as medidas eletroquímicas podem ser realizadas com o auxílio de um potenciostato, donde são registrados os voltamogramas eletroanalíticos.

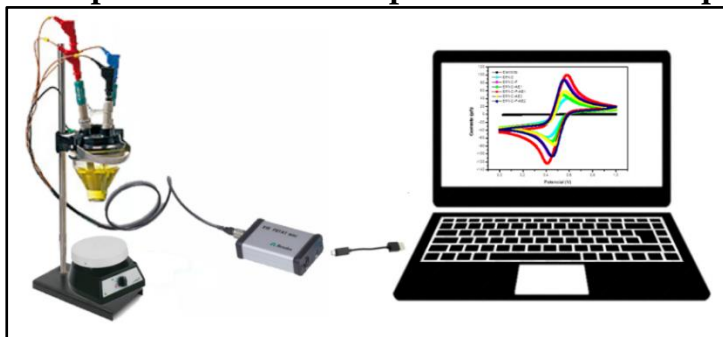
Destá forma, tendo-se em mente que o herbicida GLI é um dos agrotóxicos mais vendidos no Brasil e possui, por sua vez, um largo espectro de ação quando utilizado no controle de ervas daninhas nas plantações de milho, soja, algodão etc. E que tal uso, pode levar ao aumento das concentrações de seus resíduos no solo, na água e nos sedimentos, o presente trabalho propõe a elaboração de um método eletroanalítico capaz de determinar a concentração de GLI, utilizando-se um eletrodo artesanal de fácil construção e baixo custo a base de pó de grafite e nanotubo de carbono em amostras ambientais, sendo estas, amostra de água natural e amostra de solo de uma plantação de milho.

METODOLOGIA

Para o preparo das soluções foram utilizados reagentes de grau analítico e água deionizada. A solução estoque de GLI $0,0147 \text{ mol L}^{-1}$ foi obtida dissolvendo $0,250 \text{ g}$ deste, em 100 mL de água deionizada. Os eletrodos de trabalho foram preparados tendo o pó de grafite como reagente comum, e o óleo mineral como agente

aglutinante. Com a homogeneização das proporções de 80% de pó de grafite e 20% de óleo mineral obteve-se o EPC, a mistura resultante foi inserida em uma seringa de plástico de 1 mL, onde adicionou-se um tarugo de cobre para obtenção do contato elétrico. Quanto aos eletrodos de EPC/NTC, foram preparados na proporção de 10%/90%, 50%/50% e 90%/10% (m/m) mantendo-se a mesma quantidade de óleo mineral para os três eletrodos. Como eletrodo de referência utilizou-se o Ag/AgCl (saturado em KCl 3,0 mol L⁻¹) e como eletrodo auxiliar, utilizou-se um fio de platina em formato espiral. Utilizou-se uma cela eletroquímica com capacidade de 10 mL acoplada a uma tampa de plástico com orifícios para entrada dos eletrodos. As medidas eletroquímicas foram realizadas utilizando-se um mini-potenciostato/galvanostato, marca Ω Metrohm modelo PSTART 910, conectado a um Notebook gerenciado a um programa computacional PSTART software 1.1, a Figura 1 ilustra os aparelhos utilizados.

Figura 1- Aparelhos utilizados para medidas eletroquímicas



Fonte: Autoria própria, 2021

Os parâmetros analisados na técnica de voltametria cíclica foram realizados a fim de obter uma resposta mais favorável ao perfil oxidativo do analito. Com isso, a seleção do melhor eletrólito suporte fora efetuada analisando-se eletrólitos de HCl, NaOH, tampão fosfato e KCl, sendo estes preparados a concentração de $0,1 \text{ mol L}^{-1}$. Escolhido o eletrólito, variou-se a concentração deste nas concentrações de $0,01 \text{ mol L}^{-1}$, $0,05 \text{ mol L}^{-1}$, $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ e $0,2 \text{ mol L}^{-1}$ e efetuou-se as varreduras para observação do comportamento de cada uma sobre o analito. No estudo de pH, utilizou-se o tampão Britton-Robinson $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ para obter as soluções com pHs 3, 5, 7,9 e 11, sendo o pH de cada uma, ajustado com adição de NaOH e pH monitorado em um pHmetro da marca QUIMIS, com as soluções preparadas efetuou-se as varreduras. A velocidade de varredura fora examinada variando-se a velocidade nos valores de 10, 25, 50, 75 e 100 mV. Para o estudo de composição dos eletrodos de EPC-NTC, os eletrodos constituídos nas proporções de 90%/10%, 50%/50% e 10%/90% (m/m) foram averiguados frente a oxidação de GLI $1,0 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$.

Nos estudos efetuados nas técnicas de voltametria de pulso diferencial (VPD) e voltametria de onda quadrada (VOQ), fora realizada análise univariada, onde variou-se o parâmetro analisado e os demais foram mantidos inalterados. Nas análises realizadas na técnica de VPD, fora averiguado os parâmetros de: amplitude de

pulso (α) considerando-se o intervalo de 10 mV a 100 mV; o tempo de duração de pulso (t) fora averiguado no intervalo de 10 ms a 40 ms; e a velocidade de varredura do pulso (v) no intervalo 10 mV s⁻¹ a 50 mV s⁻¹. Quanto aos parâmetros analisados na técnica de VOQ fora examinado a amplitude de pulso (α) no intervalo de 10 mV a 50 mV, o estudo da influência da frequência (F) fora no intervalo de 10 Hz a 50 Hz e o estudo da influência do incremento (ΔE) no intervalo de 2 mV a 10 mV.

A curva analítica fora construída considerando-se a adição do analito, GLI $1,0 \times 10^{-3}$ mol L⁻¹, onde adicionou-se 10 alíquotas sucessivas de 50 μ L e posteriormente 20 alíquotas sucessivas de 100 μ L, sendo realizada nas técnicas de VPD e VOQ, com os parâmetros já otimizados. Assim, a curva foi obtida relacionando a corrente de pico anódica de cada curva, com as concentrações correspondentes de cada adição. E efetuou-se os cálculos a fim de obter-se os parâmetros de validação analítico. A partir dos parâmetros de validação, selecionou-se a melhor técnica eletroanalítica para aplicar o método desenvolvido nas amostras ambientais coletadas, e após a determinação em EPC-NTC, utilizou-se um eletrodo de carbono impresso (ECI), nas condições otimizadas para verificar sua eficiência perante o EPC-NTC.

RESULTADOS

Estudos dos parâmetros em VC

Os estudos realizados na técnica de VC permitiram conhecer o perfil oxidativo do GLI, ao avaliar diferentes eletrólitos, concentrações, pHs e eletrodos de trabalho. Foi verificado, que a faixa de potencial de GLI $1,0 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$ manteve-se entre 1,0 V e 1,2 V, quanto aos eletrólitos avaliados constatou-se que o eletrólito de tampão fosfato apresentou melhor comportamento oxidativo, sendo a concentração de $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ selecionada para as análises. Quanto a faixa de pH, o meio que mais satisfez para dar seguimento ao estudo foi o pH 7 (neutro). Das proporções de EPC-NTC verificadas, o eletrodo com a proporção de 90% de EPC e 10% de NTC foi o que pôde realizar a melhor varredura frente a oxidação de GLI $1,0 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$. E como último parâmetro examinado em VC, a velocidade de varredura de 50 mV s^{-1} fora a selecionada. A Tabela 1 ilustra os estudos efetuados, bem como as condições selecionadas para dar seguimento aos estudos.

Tabela 1- Parâmetros investigados e os selecionados em VC para futura determinação de GLI

| Voltametria Cíclica | |
|----------------------------|-------------------------|
| Parâmetro | Condição |
| Intervalo de potencial | 1,0 V a 1,2 V |
| Eletrólito de suporte | Tampão Fosfato |
| pH | 7 |
| Concentração do eletrólito | 0,1 mol L ⁻¹ |
| Velocidade de varredura | 50 mV s ⁻¹ |
| Eletrodo de EPC-NTC | 90%/10% |

Fonte: Autoria própria (2021)

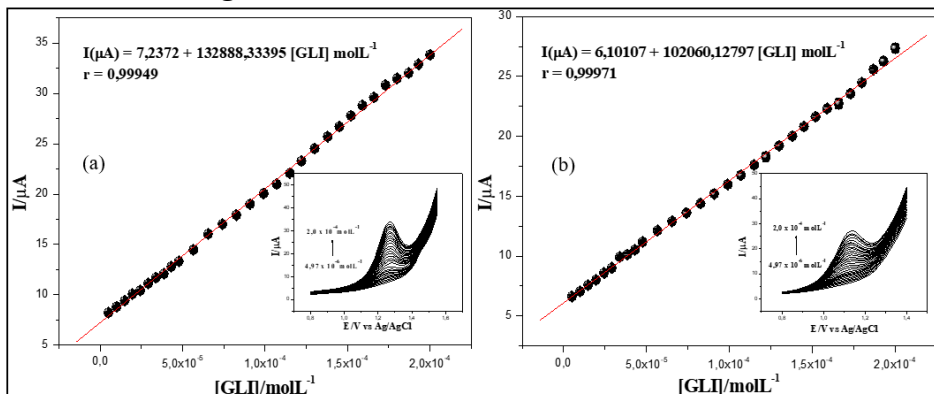
Estudos dos parâmetros em VPD e VOQ

Na técnica de VPD, os estudos realizados para buscar melhor sensibilidade frente a oxidação de GLI $1,0 \times 10^{-4}$ mol L⁻¹ foram selecionados os seguintes valores para os parâmetros estudados: $\alpha = 100$ mV, $t = 10$ ms e $v = 10$ mV s⁻¹. Quanto a técnica de VOQ, os estudos realizados a fim de buscar maior sensibilidade frente a oxidação de GLI $1,0 \times 10^{-4}$ mol L⁻¹ os seguintes valores foram selecionados: $\alpha = 50$ mV, $F = 50$ Hz e $\Delta E = 10$ mV.

No estudo de repetibilidade entre as técnicas de VPD e VOQ, obteve-se os valores de 1,03% em VPD e 0,18% em VOQ. Quanto ao estudo de reprodutibilidade, os valores foram de 1,08% em VPD e 1,50% em VOQ. Após a otimização dos parâmetros nas técnicas de VPD e VOQ, utilizou-se os valores correspondentes, para a

construção da curva analítica em ambas as técnicas, conforme a Figura 2 demonstra.

Figura 2- Curva analítica obtida para determinação de glifosato em (a) VPD, em (b) VOQ



Fonte: Autoria própria (2021)

Os cálculos de limite de detecção (LD) e limite de quantificação (LQ) foram realizados com o auxílio das fórmulas descritas na Figura 3, separadamente para cada curva.

Figura 3- Equações do limite de detecção (LD) e limite de quantificação (LQ)

$$LD = \frac{3sd}{b} \quad e \quad LQ =$$

Fonte: Adaptado de INMETRO (2016)

Onde, sd corresponde ao desvio padrão relativo a 10 varreduras obtidas do branco, e b ao coeficiente angular da curva analítica. Na técnica de VPD foi obtido os valores de $LD = 5,14 \times 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$ e $LQ = 1,71 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$, e na VOQ obteve-se os valores de $LD = 1,45 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$ e $LQ = 4,83 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$. Com isso, os parâmetros de validação analíticos foram obtidos, de modo a confirmar e fornecer evidências objetivas de que os requisitos específicos para o uso do presente método sejam atendidos (ANVISA, 2017). Na Tabela 2 é possível observar os estudos realizados e comparar os valores encontrados nas técnicas de VPD e VOQ diante a validação da metodologia analítica aplicada. Deste modo, optou-se por utilizar a técnica de VOQ para determinação de GLI, posto que esta oferece vantagens de grande velocidade e elevada sensibilidade (SKOOG, 2018).

Tabela 2- Estudo comparativo entre as técnicas de VPD e VOQ sobre os parâmetros de validação analíticos

| Técnica | r | Repetibilidade | Reprodutibilidade | LD | LQ |
|---------|---------|----------------|-------------------|---|---|
| VPD | 0,99949 | 1,03% | 1,08% | $5,14 \times 10^{-6} \text{ molL}^{-1}$ | $1,71 \times 10^{-5} \text{ molL}^{-1}$ |
| VOQ | 0,99971 | 0,18% | 1,50% | $1,45 \times 10^{-5} \text{ molL}^{-1}$ | $4,83 \times 10^{-5} \text{ molL}^{-1}$ |

Fonte: Autoria própria (2021)

Determinação de GLI nas amostras ambientais

Por fim, para comprovação do método desenvolvido, este fora aplicado em amostra de água natural e amostra de solo coletada em uma plantação de milho. Com isso, a água resultante destas amostras, foram utilizadas separadamente para preparar uma solução de GLI a $1,0 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$. E com isso, realizar a determinação eletroanalítica do herbicida pelo método de extrapolação da curva, que permitiu a obtenção da concentração de $4,27 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$ para a amostra de água, e na amostra de solo uma concentração de $7,69 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$, ambos os valores registrados se utilizando o eletrodo construído, EPC-NTC. Tais concentrações determinadas nas amostras, demonstraram-se diferente do valor teórico de $1,48 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$, presente na cela eletroquímica. A concentração encontrada na amostra de solo apresentou-se ainda mais distante da concentração na cela eletroquímica do que a concentração encontrada a partir da amostra de água natural. Diante disso, é notório que o efeito da matriz da amostra de solo, sobre o GLI, foi mais acentuado do que da amostra de água natural, atenuando-se o sinal da corrente de pico demonstrado nos voltamogramas e consequentemente, a concentração encontrada a partir destes. Com isso, pode-se sugerir que a amostra de solo já possuísse glifosato Roundup® adsorvido, posto que fora coletado em uma plantação de milho, onde costuma-se utilizar o referido herbicida na plantação de milho. O que levou a obtenção de uma concentração mais elevada,

quando comparada com a concentração encontrada na amostra de água.

Realizou-se ainda a determinação de glifosato utilizando-se o ECI, com as mesmas condições otimizadas no eletrodo de EPC-NTC. Com isso, as concentrações calculadas, a partir do ECI, para a amostra de água natural foi de $2,88 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$ e para a amostra de solo, uma concentração de $2,39 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$. Os valores encontrados em ECI diferenciaram-se do presente na cela eletroquímica de $1,48 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$, como também, dos valores encontrados no EPC-NTC, conforme a Tabela 3 demonstra.

Tabela 3- Dados comparativos das concentrações de glifosato encontradas a partir do EPC-NTC e ECI

| Eletrodo | [GLI] amostra de água | [GLI] amostra de solo |
|----------|--|--|
| EPC-NTC | $4,27 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$ | $7,69 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$ |
| ECI | $2,88 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$ | $2,39 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$ |

Fonte: Autoria própria (2021)

Tal diferença pode ter sido causada devido à instabilidade observada no ECI, além do mais, a cada adição realizada, os voltamogramas registrados, a partir deste, não possuíam diferença significativa correspondente a concentração do analito presente na cela eletroquímica. No EPC-NTC, a cada adição efetuada, os voltamogramas se sobressaiam à curva anterior, observando-se dessa forma, um comportamento linear gradativo. Pode-se observar, portanto, que o ECI não foi tão preciso quanto o EPC-NTC

desenvolvido, no que diz respeito a determinar uma concentração próxima a $1,48 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$, sendo esta a concentração pré-estabelecida das amostras ambientais. Desta forma, verificou-se que o eletrodo desenvolvido, a base de pasta de carbono e nanotubo de carbono, apresentou vantagens mais significativas diante de eventuais interferentes presentes nas amostras, quando comparado com eletrodos comerciais, à exemplo do ECI utilizado.

Apesar disso, é importante comentar que para a confirmação dos valores das concentrações encontradas nas amostras de água natural e amostra de solo, é necessário a comparação destas com métodos mais sofisticados e sensíveis, tais como cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC). Ainda assim, pode-se constatar que o eletrodo artesanal desenvolvido a partir de pasta de carbono associado a nanotubo de carbono, demonstrou-se ponderavelmente aceitável diante da presença de interferentes.

CONCLUSÕES

Conclui-se que o método analítico proposto para determinação eletroanalítica de glifosato utilizando-se eletrodo artesanal a base de pasta de carbono modificado com nanotubo de carbono, atendeu as demandas de quantificação do herbicida GLI. Constata-se que uma comparação dos valores encontrados com métodos mais robustos é necessária, no entanto, o método desenvolvido demonstrou-se ponderavelmente admissível diante da

presença de interferentes. Há de se acrescentar ainda, que o método desenvolvido apresenta vantagens sobre métodos padrões, posto que, fora desenvolvido a partir de um sistema portátil, composto por um mini-potenciostato/galvanostato acoplado a um notebook por meio de um cabo USB, sendo que o eletrodo fabricado é totalmente reproduzível e de fácil manuseio.

AGRADECIMENTOS

Os agradecimentos são estendidos a professora Dra. Quésia Guedes da Silva Castilho pela oportunidade confiada e ensinamentos prestados, bem como a bolsista PIBIC-UEMA, Jainara da Silva Costa pelo companheirismo no laboratório. Agradeço ainda, ao PIBIC-UEMA pelo apoio e financiamento da pesquisa, e ao CESC/UEMA pelo suporte fornecido por meio do Laboratório de Eletroanalítica (LEA).

REFERÊNCIAS

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução da diretoria colegiada - RDC nº 166, de 24 de julho de 2017: guia para validação de métodos analíticos.** Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2721567/RDC_166_2017_COMP.pdf/d5fb92b3-6c6b-4130-8670-4e3263763401/>. Acesso em: 23 de set. de 2020.

CAMARGO, J. S.; FIORUCCI, A. R. Avaliação do eletrodo de pasta de carbono modificado com óxido de bismuto (III) para a detecção voltamétrica do herbicida glifosato. In: ENCONTRO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 6., 2015, Mato Grosso do Sul. **Anais**

eletrônicos. Mato Grosso do Sul: UEMS, p. 1, 2015. Disponível em:
<<https://anaisonline.uems.br>>. Acesso em: 15 de jun. de 2021.

DOMINGUES, F. Entenda o que é o glifosato, o agrotóxico mais vendido do mundo. **G1**. 2019. Disponível em:
<<https://g1.globo.com/natureza/noticia/2019/05/26/entenda-o-que-e-o-glifosato-o-agrotoxico-mais-vendido-do-mundo.ghtml>>. Acesso em: 06 de nov. de 2019.

GHOLIVAND, Mohammad-Bagher; AKBARI, AREZOO, Norozi. Laila. Development of a novel hollow fiber- pencil graphite modified electrochemical sensor for the ultra-trace analysis of glyphosate. **Sensors and Actuators B: Chemical**, 2018. Disponível em:
<<https://doi.org/10.1016/j.snb.2018.05.170>>. Acesso: 11 de maio de 2021.

IBAMA. **Consolidação de dados fornecidos pelas empresas registrantes de produtos técnicos, agrotóxicos e afins, conforme art. 41 do Decreto nº 4.074/2002.** Disponível em:
<<http://ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos#historicodecomercializacao>>. Acesso em: 11 de nov. de 2019a.

IBAMA. **Relatório de Comercialização de Agrotóxicos - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).** Disponível em:
<<http://ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos#historicodecomercializacao>>. Acesso em: 11 de nov. de 2019b.

INMETRO. **Orientação sobre validação de métodos analíticos.** DOQ-CGCRE-008, 2016. Disponível em:
<http://www.inmetro.gov.br/Sidoq/Arquivos/CGCRE/DOQ/DOQ-CGCRE-8_05.pdf>. Acesso em: 23 de set. de 2020.

MARINHO, M. I. C. **Desenvolvimento de eletrodo modificado com polímero de azul metileno para a determinação eletroanalítica de glifosato**. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Química de São Carlos, da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Quantidade de Agrotóxico Comercializado por Classe de Periculosidade Ambiental**. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/component/k2/item/11294-quantidade-de-agrotoxico>. Acesso em: 11 de nov. de 2019.

MORAES, F. C. **Nanotubos de carbono no desenvolvimento de sensores eletroquímicos**. Tese (Doutorado em ciências) – Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, p. 75- 84. 2010.

NOORI, J. S., et al. Detection of glyphosate in drinking water: A fast and direct detection method without sample pretreatment. **Sensors**, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/s18092961>. Acesso em: 24 de fev. de 2021.

PACHECO, W. F., et al. Voltametrias: uma breve revisão sobre os conceitos. **Revista Virtual de Química**, n. 4, p. 516-537, 12 de ago. de 2013. Disponível em: <http://rvq-sub.sbg.org.br/index.php/rvq/article/view/380/345>. Acessado em: 07 de jan. de 2020.

PRASAD, B. B.; JAUHARI, D.; TIWARI, M. P. Doubly imprinted polymer nanofilm-modified electrochemical sensor for ultra-trace simultaneous analysis of glyphosate and glufosinate. **Biosensors and Bioelectronics**, v. 59, p. 81-88, 2014.

SETZNAGL, S. **Desenvolvimento e caracterização de dispositivo eletroquímico baseado em nanopartículas de cobre suportadas sobre grafeno para detecção do herbicida glifosato**. Dissertação

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, CIÊNCIAS DA SAÚDE,
ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

(Mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho,
Instituto de Biociências de Botucatu, São Paulo, 2018.

SKOOG, D. A. et al. **Fundamentos de Química Analítica**.
Tradução técnica: MATOS, R. M. 9ª Ed. Cengage Learning, São Paulo
– SP, 2018.

TORRES, P. E. **Química Ambiental**. 1. ed. Centro Universitário
Leonardo da Vinci: Uniasselvi, p. 83, 2014.

INVESTIGAÇÃO TEORICA DOS EFEITOS ESTRUTURAIS NAS PROPRIEDADES TERMOQUÍMICAS DOS ADITIVOS NA OCTANAGEM DE COMBUTIVEIS

Alessandro Morais Cunha¹

Tatiane de Freitas Gomes²

Lucas Gabriel Póvoas Silva³

Pedro Lucas Leal Santos⁴

Liangela Arouche Ferreira⁵

Raquel Maria Trindade Fernandes⁶

Alamgir Khan⁷

INTRODUÇÃO

Durante todo o século XX até o presente, a sociedade vem dependendo do uso contínuo de combustíveis fósseis, principalmente, oriundos do petróleo. Através de um completo refino do petróleo originam-se alguns produtos derivados do óleo cru, tais como: óleo diesel, querosene, gasolina, GLP. Todos esses produtos são obtidos por destilação e se diferem em seus respectivos pontos de ebulição.

¹ Graduando do curso de Química Licenciatura da Universidade Estadual do Maranhão; Bolsista FAPEMA

² Graduando(a) e pesquisador(a) do curso de Química Licenciatura da Universidade Estadual do Maranhão;

³ Graduando(a) e pesquisador(a) do curso de Química Licenciatura da Universidade Estadual do Maranhão;

⁴ Graduando(a) e pesquisador(a) do curso de Química Licenciatura da Universidade Estadual do Maranhão;

⁵ Mestranda do curso do Engenharia Aeroespacial da Universidade Estadual do Maranhão;

⁶ Professor(a) e pesquisador(a) do Departamento de Química da Universidade Estadual do Maranhão

⁷ Professor(a) e pesquisador(a) do Departamento de Química da Universidade Estadual do Maranhão

Nas últimas décadas houve um aumento da preocupação mundial com as consequências do uso excessivo destes combustíveis não renováveis, devido principalmente ao aumento das emissões de gases que causam o efeito estufa e de matérias particuladas nas grandes metrópoles, alterando o clima em escala global e prejudicando a saúde da população (ROCHA, J. C. ROSA, A. H. CARDOSO, 2009).

Hodiernamente, em todo o mundo há um aumento no consumo dos combustíveis e energia, sendo assim há um enfoque em reduzir o aquecimento global e conseqüentemente diminuir a poluição ambiental. Com isso em mente, torna-se viável uma maior busca por novas formas de se produzir energia com combustíveis renováveis (DIAS, J. L. M. QUAGLINO, 1993).

As emissões de gases de efeito estufam em todo o mundo podem diminuir potencialmente com o uso de biocombustíveis e atualmente vários países estão usando etanol derivada de milho e cana de açúcar como a fonte de gasolina alternativa e em especial o biodiesel, por ser uma fonte capaz de gerar energia proveniente de fontes renováveis (GROBA, P. 2018).

O uso de bioetanol para reduzir gases do efeito estufa é uma questão discutível, portanto, seu uso como combustível alternativo é altamente criticado (BAIRD, C.; CANN, M, 2011). As investigações e pesquisas em busca de biocombustíveis de segunda geração feitos a partir de biomassa não comestível estão em andamento há muitos

anos e vários processos de triagem identificaram diversos grupos postulantes de compostos (SCHUCHARDT *et al.*, 2001).

Apesar de termos que nos preocupar com nosso meio ambiente, por outro lado precisamos manter a qualidade dos combustíveis. Portanto, o combustível antes de chegar ao mercado passa por diversos testes para verificar as suas propriedades. As características que a gasolina deve possuir para ser comercializada em território brasileiro são descritas na Portaria n.309 da ANP, a qual estabelece os limites de variação dessas características, bem como a metodologia a ser usada para aferi-las (SEINFELD, J. H.; PANDIS, S. N., 2006).

A octanagem da gasolina é frequentemente avaliada através de dois parâmetros, a saber: o número de octano motor (MON, do inglês *motor octanenumber*) e o número de octano pesquisa (RON, DO INGLÊS *RESEARCH OCTANE NUMBER*). Os procedimentos que permitem avaliar esses parâmetros são descritos pelas normas ASTM D2700 e ASTM D-2699, respectivamente. Entretanto, esses procedimentos experimentais são caros, necessitam de equipamentos altamente especializados, consomem um grande número de amostras, precisam de substâncias de referência (isooctano e n-heptano) e são relativamente demorados de se realizar (ANDRADE, J. M., MUNIATEGUI, S., PRADA, D, 1997).

A literatura reporta trabalhos científicos nos quais a octanagem de uma mistura de hidrocarbonetos foi estimada a partir

das concentrações dos constituintes puros e das suas octanagens. Tal abordagem tem sido utilizada no caso de gasolinas simples, como as que correspondem às correntes de isomerizado ou alquilado, uma vez que a octanagem dos componentes dessas gasolinas pode ser encontrada em bases de dados como a do Projeto API- 45 (NIKOLAOU, 2004). Entretanto, quando a gasolina é mais complexa, como ocorre nas correntes de nafta craqueada ou de reformado, existem componentes cuja octanagem não é encontrada nas bases de dados.

Assim, fica evidente a necessidade de dispor de metodologias que permitam estimar o número de octanagem desses hidrocarbonetos. A influência da estrutura molecular sobre a octanagem é conhecida desde a década de 1920 (FRANCIS, A. W, 1941), mas não existe uma descrição quantitativa desta influência (ALBAHRI, T. A. 2003). Vários autores como Livingston (LIVINGSTON, H. K. 1951) Hosoya (HOSOYA, H, 2002). e Albahri (ALBAHRI, T. A. 2003) propuseram técnicas de descritores moleculares para estimar a octanagem. A maior parte destes descritores utiliza o conceito de grafos, em que a geometria da molécula do hidrocarboneto é representada de forma simplificada pela posição dos átomos de carbono em uma estrutura bidimensional. Infelizmente, o desvio padrão das diferenças entre a octanagem prevista por tais descritores e a experimental é muito maior que o desvio padrão dos erros inerentes aos métodos

experimentais de determinação de MON e RON (BALABAN, A. T. 2013).

Por outro lado, não só considerando os efeitos dos gases do efeito estufa no meio ambiente, mas também na capacidade calorífica (melhoramento de octanagem e número de cetanos), os testes com novos combustíveis envolvendo misturas de biocombustíveis com combustíveis convencionais como etanol-gasolina butanol-gasolina, butanol-diesel, butanol-biodiesel, diesel-biodiesel, querosene-bioquerosene vem se tornando cada vez mais frequentes nos últimos anos, nos setores de transporte, abrangendo aplicações nas áreas da aviação, da navegação marítima e no meio automotivo (SAKTHIVEL, S. SHANKAR, M, 2004).

Assim como o etanol, o butanol tem despertado interesse no setor de transporte, e um dos pontos positivos quanto ao seu uso como combustível alternativo (NOUREDINE Z. E ISMAIL Z. 2001), consiste no fato de o mesmo apresentar grande similaridade às propriedades da gasolina (ROBIN HAUNSCHILD, R. BARTH, A AND FRENCH, B. 2019). O butanol pertence a uma categoria de álcool que recebeu recentemente uma atenção renovada como alternativa potencial aos combustíveis do petróleo, pois pode ser produzido por fermentação da biomassa, de algas, de milho e de materiais vegetais que contêm celulose (LIU, W., HUANG, J. 2009).

Existem quatro tipos de isômeros de butanol; Butanol normal, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ (n-butanol, butanol secundário

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHOHCH}_3$ (2-butanol), iso-butanol (CH_3)₂ CH_2CHOH (i-butanol) e o butanol terciário (CH_3)₃ COH (t-butanol). Cada estrutura de butanol tem a fórmula equivalente. Apesar da sua semelhança, eles possuem propriedades únicas de solubilidade (BARRIENTOS, J. E., ANDERSON, J.E., MARICQ, M.M., BOEHMAN, L.A. 2016).

Como que, uma das abordagens em química utilizadas hoje em dia, com o rápido crescimento dos recursos e capacidades computacionais, é a utilização de softwares para simular reações e prover modelos que possam ajudar a identificar os caminhos reacionais. Desse modo, complexos cálculos de química quântica podem ser realizados com mais facilidade. Dentro do ramo da modelagem molecular, encontramos aqueles que calculam as estruturas e os espectros vibracionais e energéticos das moléculas e outros utilizam uma abordagem mais global, termodinâmica, físico-química (NOUREDINE, Z. e ISMAIL, Z. 2003).

Portanto, o presente estudo tem o propósito de investigar as propriedades termoquímicas e espectroscópicas de isômeros do butanol como aditivo na gasolina, utilizando-se os métodos da Teoria do Funcional de Densidade (DFT) com os conjuntos de bases cc-pVDZ.

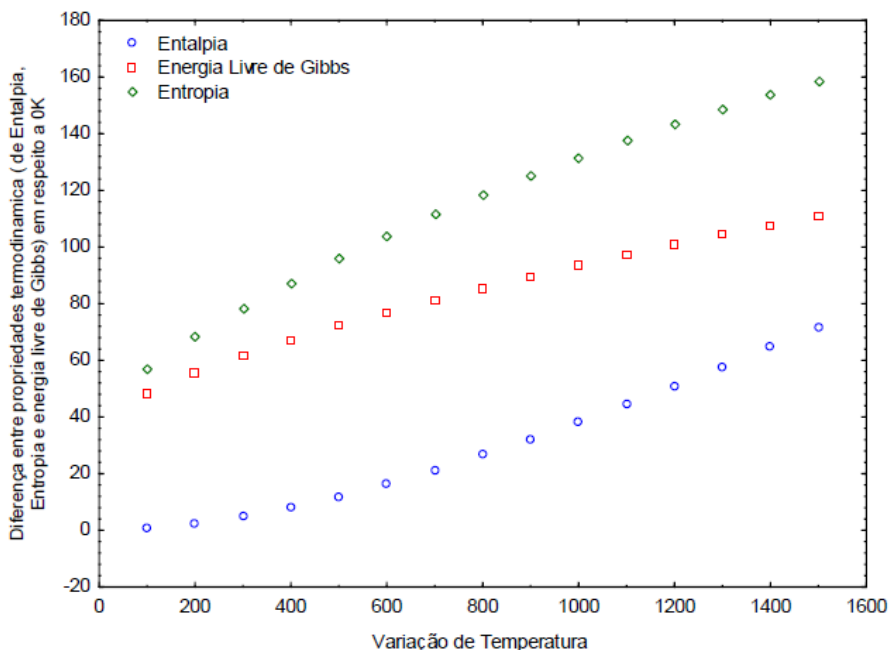
GEOMETRIAS E FREQUÊNCIAS HARMÔNICAS E TERMOQUÍMICAS

As moléculas passaram pelo processo de modelagem através do programa Gaussview 5.0, considerando os dados experimentais para as ligações entre C-C, C-H, C-O e O-H, para cada molécula de interesse. Foram utilizados o modelo B₃LYP funcional de DFT e o conjunto de base cc-pVDZ. Após os cálculos de otimização de geometria, serão realizadas frequências harmônicas afim de determinar os pontos estacionários mínimos da geometria nos níveis e conjunto de bases B₃LYP/cc-pVDZ, para então determinar as propriedades termodinâmicas dos isômeros de butanol.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através do modelo B₃LYP (DFT), com o conjunto de base cc-pVDZ obteve-se os resultados para as propriedades calor específico, entropia, entalpia e energia livres, as quais estão dispostas em gráficos e tabelas no presente trabalho. Os valores experimentais e os calculados para as propriedades termodinâmicas de entalpia, energia de Gibbs e entropia (Figura 1 a 2) com a variação da temperatura de 100K a 1600K para os isômeros do propanol e butanol nas metodologias de interesse, demonstraram resultados com precisão.

Figura 1 - Cálculo de Propriedades Termodinâmica de molécula de butanol utilizando o método PBEo/Sadlej-pVTZ

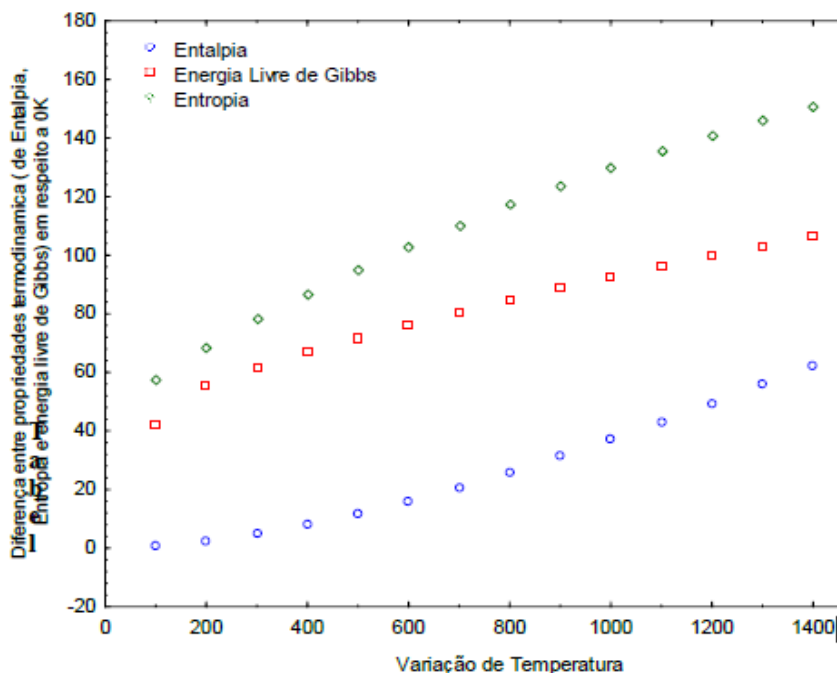


Fonte: O autor, 2021.

Os resultados da tabela 1 trouxeram valores referentes à capacidade calorífica das substâncias em estudo. Com isso, pode-se observar que com o aumento da temperatura, variando de 100K à 1000K, esta propriedade tem seu valor elevado na medida em que se eleva a temperatura de teste, esse aumento pode ser notado sempre em crescimento para os cinco tipos de substância em estudo. Vale ressaltar que o 1-propanol apresentou menores valores em relação a todos os outros isômeros de butanol, além do 2-propanol e que isso pode ter relação com as características dessa molécula em especial. Essa característica de aumento de valores em valores consideráveis

também pode ser observada na tabela 2, onde nota-se que mais uma vez o 1 propanol tem os menores valores em relação as outras substâncias.

Figura 2 - Cálculo de Propriedades Termodinâmica de molécula de butanol utilizando método DFT/cc-pVTZ



Fonte: O autor, 2021.

Tabela 1 - Capacidade calorífica (cal/mol*kelvin)

| Temperatura (K) | 1- butanol | 2- butanol | T- butanol | 1- propanol | 2- propanol |
|-----------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
| 100 | 11,875 | 10,952 | 10,815 | 9,391 | 8,095 |
| 200 | 17,379 | 17,637 | 17,573 | 13,775 | 12,749 |
| 300 | 23,375 | 24,131 | 23,815 | 18,468 | 17,593 |
| 400 | 30,305 | 31,126 | 30,515 | 23,865 | 22,894 |
| 500 | 36,87 | 37,599 | 36,829 | 28,96 | 27,824 |
| 600 | 42,567 | 43,17 | 42,361 | 33,378 | 32,077 |
| 700 | 57,422 | 47,903 | 47,127 | 37,146 | 35,699 |
| 800 | 51,578 | 51,955 | 51,243 | 40,376 | 38,81 |
| 900 | 55,161 | 55,453 | 54,814 | 43,168 | 41,506 |
| 1000 | 58,265 | 58,49 | 57,296 | 45,592 | 43,85 |

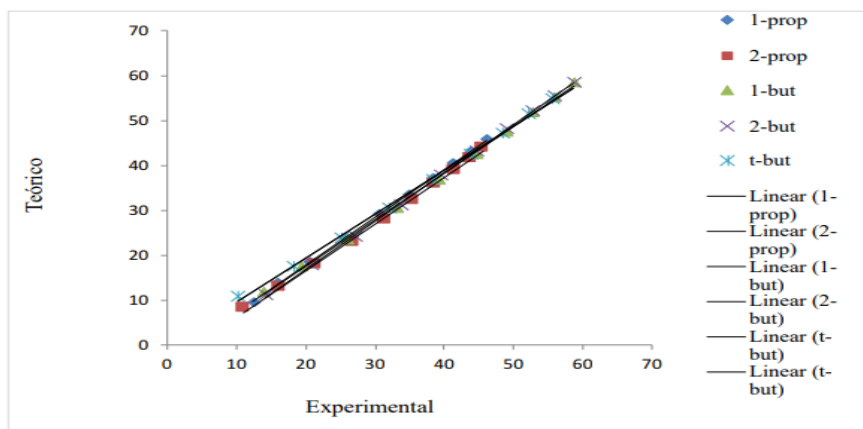
Fonte: O autor, 2021.

Tabela 2 - Entropia (Cal×Mol×Kelvin)

| Temperatura (K) | 1- butanol | 2- butanol | t- butanol | 1- propanol | 2- propanol |
|-----------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
| 100 | 59,4 | 58,354 | 57,081 | 55,433 | 54,609 |
| 200 | 70,79 | 69,488 | 68,061 | 64,730 | 63,103 |
| 300 | 79,723 | 78,642 | 77,577 | 71,965 | 69,966 |
| 400 | 87,964 | 87,121 | 86,389 | 78,585 | 76,326 |
| 500 | 95,889 | 95,215 | 94,734 | 84,913 | 82,419 |
| 600 | 103,491 | 102,938 | 102,625 | 90,956 | 88,24 |
| 700 | 110,734 | 110,265 | 110,065 | 96,699 | 93,771 |
| 800 | 117,61 | 117,198 | 117,075 | 102,14 | 99,011 |
| 900 | 124,131 | 123,758 | 123,689 | 107,295 | 103,976 |
| 1000 | 139,316 | 129,971 | 129,939 | 112,181 | 108,683 |

Fonte: O autor, 2021.

Figura 3: C_v (cal/mol*kelvin)

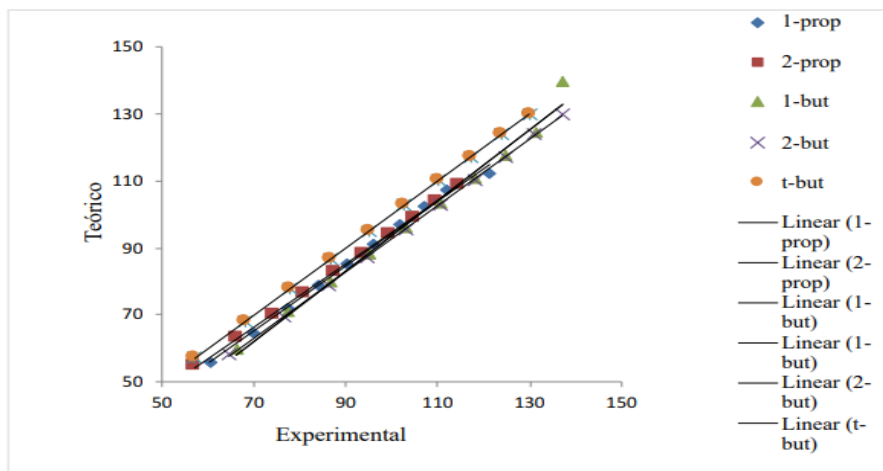


Fonte: O autor, 2021.

De fato, todas as moléculas obtiveram um bom desempenho para capacidade calorífica e Entropia com mais de 99% de correlação. T-butanol para capacidade calorífica, C_v , e entropia, S , respectivamente, 99,94% e 99,99%. O 1-propanol 99,91% e 99,81%; 1-butanol 99,95% e 99,98%; 2-propanol 99,89% e 99,43%.

Em termos de erros quadráticos, o t-butanol teve o melhor desempenho, com menor valor de RMSE, para S e C_v , respectivamente, 206 e 0,106. 1-propanol 1,87 e 5,622; 1-butanol 1,917 e 6,690; 2-butanol 2,064 e 7,323; e por fim o 2-propanol 3,151 e 4,389.

Figura 4: S (cal×mol×kelvin)



Fonte: O autor, 2021.

Observa-se que nas moléculas analisadas cuja hidroxila, -OH, se encontra nas extremidades os resultados teóricos obteve um desempenho ainda melhor. No 2-butanol, o RMSE foi de 2,49 para C_v , enquanto que para o T-butanol foi de apenas 0,99. Quando houve a troca do conjunto de base para 3-21G, os resultados expostos apresentaram-se com valores similares, diferenciando pouco, sem inversão das moléculas. O melhor desempenho ficou por conta do t-butanol, com RMSE iguais a 0,19 e 0,10 para C_v e S, respectivamente. 1-propanol com 0,99 e 6,32. 1-butanol e 2-butanol seguem na mesma faixa de valor, 2,4 para C_v e diferindo na entropia, 7,8 e 9,8. Em último o 2-propanol com 9,6.

Apesar da precisão dos resultados serem bastante satisfatórias, a DFT possui limitações para potenciais de trocas de

correlação de materiais altamente correlacionados. Casos nos quais há baixa precisão nas aproximações. Salvo essas limitações, essa metodologia é bastante relevante e possui determinados tipos exclusivos de aplicações em distintas áreas “como design de fármacos, estruturas de vigas metálicas” entre outras.

Tabela 3 - Valores de R e RMSE para Cv e S

| Capacidade calorífica a volume constante (Cv) | | | Entropia (S) | |
|---|--------|-------|--------------|-------|
| Estrutura | R | RMSE | R | RMSE |
| T-butanol | 0,9999 | 0,999 | 0,9999 | 0,553 |
| 1-propanol | 0,9998 | 2,066 | 0,9982 | 6,324 |
| 1-butanol | 0,9993 | 2,423 | 0,9999 | 7,834 |
| 2-butanol | 0,9998 | 2,498 | 0,9998 | 8,024 |
| 2-propanol | 0,9999 | 7,360 | 0,9998 | 9,622 |

Fonte: O autor, 2021.

Tabela 4: Entalpia (Kcal/mol)

| Temperatura (K) | 1-butanol | 2-butanol | T-butanol | 1-propanol | 2-propanol |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|------------|------------|
| 100 | - 146543,66 | - 146548,22 | -146551,13 | -121891,95 | -121894,73 |
| 200 | - 146541,99 | - 146546,58 | - 146549,50 | -121890,58 | -121893,48 |
| 300 | - 146539,77 | - 146544,30 | -146547,12 | -121910,37 | -121891,77 |
| 400 | - 146536,89 | -146541,33 | -146547,17 | -121886,47 | -121889,54 |
| 500 | - 146533,32 | - 146537,69 | - 146540,29 | -121883,62 | -121886,81 |
| 600 | - 146529,14 | - 146533,45 | - 146535,96 | -121880,30 | -121883,61 |

| | | | | | |
|------|----------------|----------------|----------------|------------|------------|
| 700 | - 146524,44 | - 146528,69 | -146531,12 | -121876,57 | -121880,01 |
| 800 | - 146519,28 | - 146523,49 | - 146525,87 | -121872,49 | -121876,09 |
| 900 | -146513,74 | -146517,92 | - 146520,25 | -121868,11 | -121871,87 |
| 1000 | - 146507,87 | -146512,02 | -146514,32 | -121863,47 | -121867,40 |

Fonte: O autor, 2021.

Tabela 5: Energia livre de Gibbs (Kcal/mol)

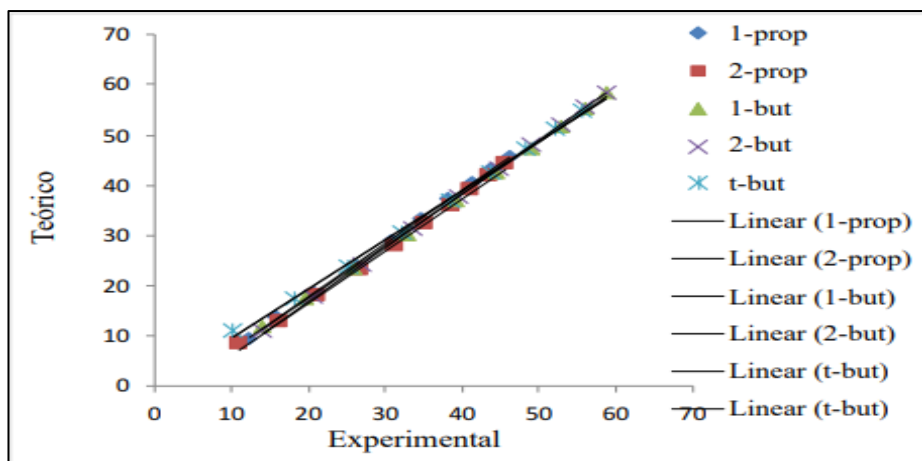
| Temperatura (K) | 1- butanol | 2- butanol | T- butanol | 1- propanol | 2- propanol |
|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 100 | - 146549,60 | - 146554,02 | - 146556,83 | -121897,49 | -121900,19 |
| 200 | -146556,15 | - 146560,47 | -146563,11 | -121903,53 | -121906,10 |
| 300 | - 146563,68 | - 146567,89 | - 146570,40 | -121888,78 | -121912,76 |
| 400 | - 146558,33 | - 146576,18 | - 146578,56 | -121917,90 | -121920,07 |
| 500 | - 146559,25 | - 146585,30 | - 146587,66 | -121926,08 | -121928,01 |
| 600 | -146591,24 | -146595,21 | - 146597,53 | -121934,87 | -121936,55 |
| 700 | - 146601,95 | - 146605,87 | - 146608,17 | -121937,98 | -121945,65 |
| 800 | -146613,37 | -146617,25 | - 146619,28 | -121954,20 | -121955,29 |

| | | | | | |
|------|----------------|----------------|----------------|------------|------------|
| 900 | - 146625,46 | - 146591,49 | -146631,57 | -121964,68 | -121965,45 |
| 1000 | - 146638,19 | - 146641,99 | - 146644,26 | -121975,65 | -121976,08 |

Fonte: O autor, 2021.

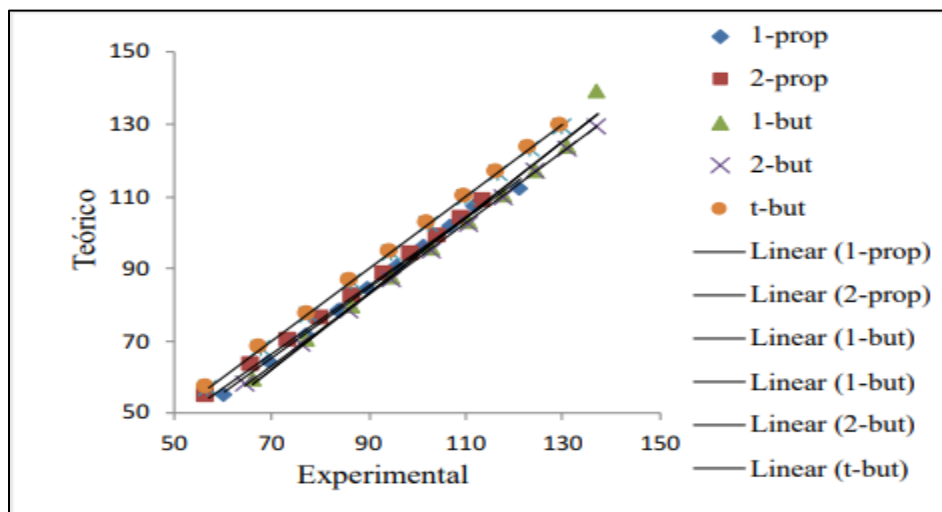
Uma ferramenta que agiliza processos, reduzindo tempo, gastos e esforços, sendo assim um recurso necessário para a ampliação de uma literatura que contenham essas substâncias de estudo e introduzindo essa temática em diversos problemas que possam ser resolvidos com a ajuda da Teoria do Funcional de Densidade.

Figura 5: Capacidade calorífica(cal/mol*kelvin)



Fonte: O autor, 2021.

Figura 6: Entropia (cal×mol×kelvin)



Fonte: O autor, 2021.

Tabela 6: Valores de R e RMSE

| Energia de Gibbs | | | Entropia (S) | |
|------------------|--------|-------|--------------|-------|
| Estrutura | R | RMSE | R | RMSE |
| T-butanol | 0,9967 | 2,240 | 0,9973 | 1,053 |
| 1-propanol | 0,9931 | 6,272 | 0,9999 | 0,169 |
| 1-butanol | 0,9995 | 6,671 | 0,9999 | 0,158 |
| 2-butanol | 0,9953 | 8,303 | 0,9998 | 0,335 |
| 2-propanol | 0,9998 | 3,519 | 0,9998 | 0,841 |

Fonte: O autor, 2021.

Há boa correlação entre os valores, mostrando assim que estão de acordos com os parâmetros preditos, comprovando a precisão do método, além da vantagem de ser um recurso com grande velocidade computacional.

Diferentemente dos itens anteriores, para a entropia o t-butanol obteve a menor precisão. É interessante explorar diferentes métodos, uma vez pode ocorrer de para alguma propriedade. No entanto os valores de RMSE e R são baixos, ou seja, satisfatórios.

CONCLUSÃO

Com este trabalho, concluiu-se que os estudos teóricos que envolvem os isômeros de butanol e propanol foram atingidos e que de forma direta possa ser um trabalho de valores importantes para a construção de uma literatura mais elaborada a cerca desta temática dentro da química computacional e da eficiência e precisão da Teoria do Funcional da Densidade (DFT), sendo este um dos recursos computacionais mais utilizados nos dias atuais, considerando seu baixo custo computacional e resultados satisfatórios. De maneira análoga, o butanol e o propanol despertam o interesse e despontam em pesquisas, devido semelhança relacionada às propriedades em relação a gasolina. Descarte, constata-se a importância dada ao butanol considerando a sua produção alcançada através da fermentação. Outrossim, esses álcoois possuem propriedades únicas de solubilidade.

Vale destacar que é importante um estudo mais aprofundado, utilizando outros conjuntos de bases não aplicados aqui, assim ter uma maior precisão, para que esta manobra seja relevante com resultados persistentes e satisfatórios.

AGRADECIMENTOS

Ao programa de CNPq/PIBIC da UEMA pela concessão da bolsa de Iniciação Científica e o Departamento de Química da UEMA pela liberação da utilização dos recursos durante a execução das atividades do projeto. Também gostaria de registrar os meus agradecimentos para o PPG/UEMA pela possibilidade de uso de suas guias e coloração durante a realização do trabalho, e ao meu orientador e colaboradores presentes do Laboratório de Físico-Química do curso de Química da UEMA.

REFERÊNCIAS

ALASFOUR, F. The Effect of Using 30% Iso-butanol-Gasoline Blend on Hydrocarbon Emissions From a Spark-Ignition Engine, **Energy Sources**, v. 21, pp. 379 – 394, 1999.

ALASFOUR, F. NO_x Emission From a Spark Ignition Engine Using 30% isoButanol-Gasoline Blend: Part 1 — Preheating Inlet Air, **Appleid Thermal Engineering**, v. 18, pp. 245 – 256, 1998.

ALASFOUR, F. NO_x Emission From a Spark Ignition Engine Using 30% isoButanol-Gasoline Blend: Part 2 — Ignition Timing, **Appleid Thermal Engineering**, v. 18, pp. 609 – 618, 1998.

ALBAHRI, T. A. Método de contribuição de grupos estruturais para a previsão do número de octanas de hidrocarbonetos líquidos puros. **Pesquisa em química industrial e de engenharia**, v. 42, n. 3, pág. 657-662, 2003.

ANDRADE, J. M.; MUNIATEGUI, S.; PRADA, D. Previsão de octanas limpas de naftas reformadas catalíticas usando FT-MIR e PLS. **Combustível**, v. 76, n. 11, pág. 1035-1042, 1997.

BAIRD, C.; CANN, M. **Química Ambiental**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

BALABAN, A. T. Teoria química dos grafos e o princípio de Sherlock Holmes. **Revista Internacional de Filosofia da Química**, v. 9, n. 1, pág. 107-137, 2013.

BARRIENTOS, J. E.; ANDERSON, J. E.; MARICQ, M. M.; BOEHMAN, L.A. Particulate matter indices using fuel smoke point for vehicle emissions with gasoline, ethanol blends, and butanol blends, **Combustion and Flame**, v.167, pp. 308 – 319, 2016.

BECKE, A. D. A new mixing of Hartree–Fock and local density-functional theories. **The Journal of chemical physics**, v. 98, n. 2, p. 1372-1377, 1993.

BENJUMEA, P.; AGUDELO, J.; AGUDELO, A.. Basic properties of palm oil biodiesel–diesel blends. **Fuel**, v. 87, n. 10-11, p. 2069-2075, 2008.

BRANDÃO, L. F. P. Estudo do 1-Butanol e 2-Metil-1-Propanol em Misturas com a Gasolina e o Diesel: Uma Análise Sob a Perspectiva da Especificação Brasileira, Tese de Dsc, UNB, Distrito Federal, DF, Brasil, 2017.

CHEN, G.; SHEN, Y.; ZHANG, Q.; YAO, M.; ZHENG, Z.; LIU, H. Experimental Study on Combustion and Emission Characteristics of a Diesel Engine Fueled With 2, 5- Dimethylfuran–Diesel, n-Butanol–Diesel and Gasoline–Diesel Blends, **Energy**, v. 54, pp. 333 – 342, 2013.

DIAS, J. L. M. QUAGLINO, M. A. **A Questão do Petróleo no Brasil – Uma História da Petrobras**. Edição Fundação Getúlio Vargas, CPDOC/SERINST, PETROBRAS, 1993.

DOĞAN, O.. The influence of n-butanol/diesel fuel blends utilization on a small diesel engine performance and emissions. **Fuel**, v. 90, n. 7, p. 2467-2472, 2011.

DE MORAIS FILHO, C. L.; MARINHO, M. M.; MARINHO, E. S. Estudo Quântico das Propriedades Geométricas da coumarina anti-Hiv heraclenol: um estudo da teoria do funcional da densidade (DFT).

DUNNING JR, T. H. Gaussian basis sets for use in correlated molecular calculations. I. The atoms boron through neon and hydrogen. **The Journal of chemical physics**, v. 90, n. 2, p. 1007-1023, 1989.

ELFASAKHANY, A.. Experimental investigation on SI engine using gasoline and a hybrid iso-butanol/gasoline fuel. **Energy Conversion and Management**, v. 95, p. 398-405, 2015.

FRANCIS, A. W. Relações entre propriedades físicas de hidrocarbonetos parafínicos. **Química Industrial e Engenharia**, v. 33, n. 4, pág. 554-560, 1941.

GROBA, P. R. S. Percentual de biodiesel que é adicionado ao diesel comum pode subir para 11%, 2018.

HAUNSCHILD, R.; BARTH, A.; FRENCH, B. A comprehensive analysis of the history of DFT based on the bibliometric method RPYS. **Journal of Cheminformatics**, v. 11, n. 1, p. 1-15, 2019.

HOSOYA, H. Significado químico do número de octanas analisado por índices topológicos. **Croatica chemica acta**, v. 75, n. 2, pág. 433-445, 2002.

IRIMESCU, A. Performance and fuel conversion efficiency of a spark ignition engine fueled with isobutanol, **Applied Energy**, v. 96, pp. 477 – 483, 2012.

LIVINGSTON, H. K. Resistência à detonação de hidrocarbonetos puros. Correlação com a Estrutura Química. **Química Industrial e de Engenharia**, v. 43, n. 12, pág. 2834-2840, 1951.

LEE, C.; YANG, W.; PARR, R. G. Development of the Colle-Salvetti correlation-energy formula into a functional of the electron density. **Physical review B**, v. 37, n. 2, p. 785, 1988

LIU, W.; HUANG, J. Eletro-oxidação de ácido fórmico em catalisador de Pt-Os suportado em carbono. **Journal of Power Sources**, v. 189, n. 2, pág. 1012-1015, 2009.

MARQUES, M. A.; BOTTI, S. O que é e para que serve a Teoria dos Funcionais da Densidade. **Gazeta de física**, v. 29, n. 4, p. 10-15, 2006.

MOHD N.; NOOR, C. W.; MAMAT, M. M. R. Biodiesel as alternative fuel for marine diesel engine applications: A review”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.94, pp. 127 – 142, 2018.

MUSTAFA, K. F.; ABDULLAH, S.; ABDULLAH, M. Z; SOPIAN, K.; ISMAIL, A. K. Experimental investigation of the performance of a liquid fuel-fired porous burner operating on kerosene-vegetable cooking oil (VCO) blends for micro-cogeneration of thermoelectric power. **Renewable Energy**, v. 74, p. 505-516, 2015.

NIKOLAOU, N.; PAPADOPOULOS, C. E.; GAGLIAS, I. A.; PITARAKISC, K. G. A new non-linear calculation method of isomerisation gasoline research octane number based on gas chromatographic data. **Fuel**, v. 83, p. 517-523, 2004.

PULI, D.; KUMAR, P. R. Performance and emission characteristics of tertiary butyl alcohol gasoline blends on a spark ignition engine, **Biofuels**, v. 6, pp. 71-78, 2015.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. **Introdução à Química Ambiental**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

SADLEJ, A. J. Medium-size polarized basis sets for high-level-correlated calculations of molecular electric properties. **Theoretica chimica acta**, v. 81, n. 4, p. 339-354, 1992.

SAKTHIVEL, S.; SHANKAR, M.V.; PALANICHAMY, M.; ARABINDOO, B.; BAHNEMANN, D. W.; MURUGESAN, V. Enhancement of photocatalytic activity by metal deposition: characterisation and photonic efficiency of Pt, Au and Pd deposited on TiO₂ catalyst. , 38(13), 0-3008, 2004.

SCHUCHARDT, U.; RIBEIRO, M. L.; GONÇALVES, A. R. A indústria petroquímica no próximo século: como substituir o petróleo como matéria-prima? **Química Nova**, v. 24, p. 247-251, 2001.

SERT, Y.; SINGER, L. M.; FINDLATER, M.; DOĞAN, H.; ÇIRAK, Ç. Vibrational frequency analysis, FT-IR, DFT and Mo6-2X studies on tert-Butyl N-(thiophen-2yl) carbamate. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, v. 128, p. 46-53, 2014.

SILVA, Á. R. L. Aplicação da teoria do funcional da densidade (DFT) e da teoria quântica de átomos em moléculas (QTAIM) no entendimento da oxidação anódica de poluentes promovida pelo ânodo de diamante dopado com boro (BDD). 2020.

SIMÕES, J. M. Produção de butanol a partir de etanol utilizando óxidos mistos de Mg e Al. **Dissertação de mestrado**, Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, UFSM, Santa Maria, 2016.

STEVENS, W. J.; BASCH, H.; KRAUSS, M. Compact effective potentials and efficient shared-exponent basis sets for the first-and second-row atoms. **The Journal of chemical physics**, v. 81, n. 12, p. 6026-6033, 1984.

YILMAZ, N.; ATMANLI, A. Sustainable alternative fuels in aviation, **Energy**, v. 140, p. 1378 – 1386, 2017.

YU, J.; XIANG, Q.; ZHOU, M. Preparação, caracterização e atividade fotocatalítica por luz visível de nanobastões de titânia dopados com Fe e estudo de primeiros princípios para estruturas eletrônicas. **Catálise Aplicada B: Ambiental**, v. 90, n. 3-4, pág. 595-602, 2009.

ZETTILI, N. **Quantum mechanics: concepts and applications**. – 2nd ed. Copyright 2009 John Wiley & Sons, Ltd.

ZHENG, Z.; WANG, X.; ZHONG, X.; HU, B.; LIU, H.; YAO, M. Experimental study on the combustion and emissions fueling biodiesel/n-butanol, biodiesel/ethanol and biodiesel/2, 5-dimethylfuran on a diesel engine. **Energy**, v. 115, p. 539-549, 2016.

**PRODUÇÃO DE BIODIESEL E SABÃO ECOLÓGICO A
PARTIR DE ÓLEOS DE FRITURA RESIDUAL: processos
alternativos na prevenção do meio ambiente**

Lucas Gabriel Póvoas Silva¹

Tatiane de Freitas Gomes²

Jessica Cristine Silva Gonçalves³

Andressa Luiza Teixeira Oliveira⁴

Raquel Maria Trindade Fernandes⁵

Alamgir Khan⁶

INTRODUÇÃO

A ciência sempre buscou uma evolução para a sociedade em relação à avanços tecnológicos e revolucionários. Isso parte do princípio que se deve existir melhorias científicas e comprovadas baseadas em dados e fatos anteriormente tratados como hipótese. Essa perspectiva vem desde as grandes revoluções, tratadas em ambientes históricos que propuseram inovações de melhorias da vida em sociedade, avanços em globalização e da produção industrial, elas foram estopins para a necessidade constante de existirem processos

¹ Graduando do curso de Química Licenciatura da Universidade Estadual do Maranhão; Bolsista FAPEMA/PIBIC;

² Graduanda do curso de Química Licenciatura da Universidade Estadual do Maranhão;

³ Graduanda do curso de Química Licenciatura da Universidade Estadual do Maranhão;

⁴ Graduanda do curso de Química Licenciatura da Universidade Estadual do Maranhão;

⁵ Professor(a) e pesquisador(a) do Departamento de Química da Universidade Estadual do Maranhão.

⁶ Professor(a) e pesquisador(a) do Departamento de Química da Universidade Estadual do Maranhão.

inovadores que busquem a melhoria da saúde humana e conservação ambiental.

Ramos e colaboradores (2017) pesquisaram as propriedades, tecnologias de produção de energias e como o biodiesel pode ser um instrumento que supre tanto a evolução de novas buscas por meios energéticos como serve para uso de combustível com caráter menos agressivo ambientalmente:

“[...] Nesse contexto, os biocombustíveis, quando derivados de matérias-primas renováveis e produzidos por processos de reconhecida sustentabilidade ambiental, surgem como alternativas de amplo interesse social e político particularmente quando o seu uso não exige adequações significativas na tecnologia atualmente empregada nos motores de combustão [...]”
(RAMOS *et al*, 2017, p.317).

Com isso, entende-se que é necessário citar quão importantes são pesquisas que envolvam fontes renováveis e que o biogás, derivados de biomassa e biocombustíveis alternativos podem ser saídas relevantes assim como as energias eólica, solar, geotérmica e outras não provenientes de petróleo. É de fato conhecido, que parte dos combustíveis utilizados pelo mundo todo venham principalmente da capacidade petrolífera, sabe-se também, que esses recursos se esgotam ano após ano. Apenas buscar e utilizar novos meios de energias, além de saturar a produção petrolífera, o homem entende que tais efeitos são agressivos à saúde humana e isso vai de encontro à percepção da intensidade dos riscos aos recursos naturais, à sobrevivência do próprio homem e da vida animal. A busca por alternativas relativas à gestão de poluentes e redução de impactos

ambientais é um dever social, pois todo ser humano é parte integrante da natureza e, assim, torna-se responsável por sua preservação (SILVA *et al*, 2012, p. 108).

A alimentação à base de frituras e pré-fritos aumentado nos últimos anos, resultando na quantidade de óleos residuais nas casas por todo o mundo. Admite-se, por exemplo, que 100 toneladas de óleos e gorduras residuais são produzidas por mês nas regiões de comparação com Curitiba. Esse resíduo é, geralmente, descartado de forma direta no esgoto doméstico, acarretando a contaminação ambiental aquática. Em contrapartida, uma parcela de seu volume é aproveitada para produção de sabão, produção de massa de vidraceiro, incorporação na ração animal e, mais recentemente, produção de biodiesel (COSTA NETO *et al*, 2000, p. 531).

Consoante ao que diz Ramalho e Suarez (2013) os óleos e gorduras são uma mistura complexa de vários compostos químicos como por exemplo os ácidos oleico, esteárico, palmítico, linoleico e linolênico, levando à características especiais de suas propriedades físico-químicas resultantes da junção de todos esses componentes. Assim, o uso dessas substâncias tem sido utilizado como matérias-primas para a produção de biocombustíveis, se mostrando de grande potencial no mundo científico e de alta eficácia dentro do meio industrial.

O biodiesel é um de biocombustível que vem se destacando e apresentando um papel de extrema importância na matriz energética

atual, uma vez que, mostra-se ter a particularidade de ser um combustível de queima limpa. Esse biocombustível vem com a proposta de reutilização de óleos que seriam posteriormente descartados em lugares inapropriados, e devido sua alta capacidade de dissipação, alimentaria cada vez mais a poluição ambiental.

Segundo Dib (2010) as vantagens resultantes da utilização de óleos residuais de fritura como matéria-prima para produção de biodiesel tem como primeira, natureza tecnológica, pois dispensa grande parte processo de extração do óleo; a segunda, de natureza econômica, caracterizando-se pelo custo da matéria-prima, se tratando de um material já utilizado anteriormente, o óleo residual de fritura tem seu preço de mercado mais em conta; e a terceira, de caráter ambiental, mostrado através da destinação adequada do resíduo, muitas vezes descartado indevidamente, impacta o solo, os lençóis freáticos e a vida aquática de rios e mares.

À proporção que o biodiesel foi tomando no Brasil caracterizou-se como um combustível de sucesso. O mesmo foi bem recepcionado em grande parte do mundo devido aos vários fatores que potencializam seu uso e aspectos que engrandecem seus resultados positivos, sendo eles a renovação de safras de produção de óleos, a sustentabilidade que é um fruto da sua ação ambiental, a consequência de ser um combustível menos tóxico e a alta natureza ecológica quando assemelhado ao diesel comum AMBAT *et al.* (2018). Para NGUYEN *et al.* (2010) o biodiesel vem com a finalidade

de apresentar características equivalentes ao diesel derivado já comercializado, entretanto com capacidade de evidenciar menores valores de gases poluentes lançados nas camadas da atmosfera. Em dezembro de 2004 iniciou-se as pesquisas e avanços na produção do biodiesel e esse combustível foi inserido na matriz energética nacional com a criação do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB). No ano seguinte, com a aprovação da Lei 11.097, a porcentagem aceita dentro do diesel comum era de aproximadamente 2% (BRASIL, 2005).

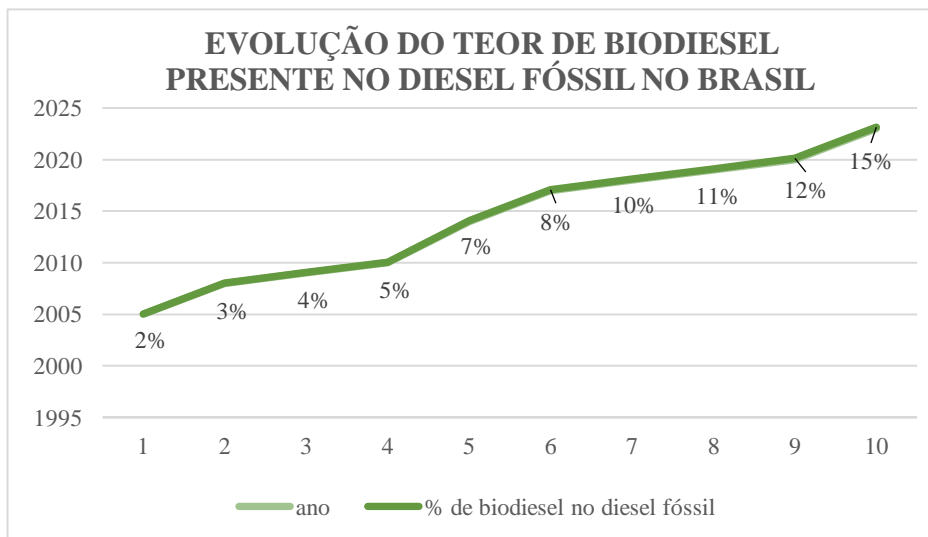
Dados da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), órgão responsável por controlar anualmente os valores de adição de biodiesel ao diesel comum, mostrou que em 2004 o Brasil produziu cerca de 38,535 bilhões de litros de óleo diesel, sendo que desse valor total, 2,63 bilhões litros foram importados resultando em um déficit significativo na balança comercial. Com a alta eficiências de novas pesquisas e o amadurecimento do Biodiesel no mercado, para os anos seguintes pressupõe-se que até 2023 esse valor salte para 15%.

A denominação das misturas de biodiesel ao óleo diesel comum leva em consideração a porcentagem da mistura do óleo produzido dentro do óleo fóssil. A adição de cada valor específico sofre uma norma de nomenclatura, por exemplo, *B2* significa que existe 2% de biodiesel e 98% de óleo diesel, a mistura de 25% chama-se *B25* (25% de biodiesel e 75% de óleo diesel), a mistura de 36% tem

o nome de *B36* (36% de biodiesel e 64% de óleo diesel) e assim por diante, inclusive o *B100* (combustível com 100% de biodiesel em sua composição). O biodiesel é um combustível que apresenta uma quantidade de energia cerca de 10% menor quando comparado com o diesel derivado do petróleo, no entanto mesmo com essa particularidade, ele tem um desempenho igual no que diz respeito à potência e ao torque realizado pelo motor (LORETO et al, 2005).

Leung e colaboradores demonstraram em estudos que a viscosidade apresentada pelo biodiesel proporciona maior lubricidade que o diesel mineral. Portanto, com esta propriedade, observou-se uma redução no desgaste das partes móveis que compõem o motor. Entretanto, as moléculas expressadas dentro do biocombustível apresentam estruturas mais simples que o seu precursor comum, os triglicerídeos, logo, sua viscosidade é comparativamente menor, apresentando maiores valores de eficiência durante a queima. Isso mostra significativamente que a deposição de resíduos diminui bastante no interior do motor.

Figura 1: Valores de avanços na adição de biodiesel ao diesel comum.



Fonte: O autor, 2020.

As normas internacionais de certificação em vigor para o biodiesel são ASTM D6751 (American Standard Testing Methods), o mais comum utilizado nos Estados Unidos. Na Europa, as exigências para biodiesel são regidas pela EN 14105 (Comité Européen de Normalisation - CEN) e no Brasil pela resolução 42 da ANP (Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustível). No Brasil, os primeiros registros de estudos relacionados ao uso de óleos vegetais e seus respectivos derivados, como por exemplo os combustíveis alternativos ao diesel de petróleo, tiveram início com o passar do tempo após a Primeira Guerra Mundial, por motivos de interesse da segurança nacional (Rico *et al*, 2015).

Alguns problemas ambientais são muito questionados e a todo instante é visto que se deve problematizar questões que geram agressões ao meio ambiente. No entanto, o consumo exagerado de produtos químicos, uso excessivo de água e poluição por indústrias não são os únicos fatores preocupantes a serem questionados pela sociedade. A poluição de rios e mares vem aumentando cada vez mais devido ao alto índice da presença de óleos nesses locais.

Óleos e gorduras são substâncias insolúveis em água (hidrofóbicas) e, de origem animal, vegetal ou mesmo microbiana, formadas pelo processo de condensação entre “glicerol” e “ácidos graxos” chamados de triglicerídeos. A diferença entre óleo (líquido) e gordura (sólida), reside na proporção de grupos acila saturados e insaturados presentes nos triglicerídeos, dos óleos as cadeias carbônicas são insaturadas, tornando-os líquidos à temperatura ambiente de 20°C, ao passo que nas gorduras as cadeias carbônicas são saturadas, deixando-as sólidas à mesma temperatura ambiente. Portanto, os óleos e gorduras comestíveis são constituídos principalmente de triglicerídeos (Moretto e Fett,1998).

Os óleos residuais, quando jogado diretamente na rede de esgoto, acarreta vários problemas ambientais que vão desde a dificuldades no tratamento de água em estações até à impermeabilização do solo, conseqüentemente isso pode provocar enchentes. Essa problemática é apenas uma pequena parte do grande problema relacionado à geração de lixo no mundo, tratar lixo é caro

e, quando não tratado, há um forte impacto ambiental, no caso do óleo de cozinha usado em frituras, uma das possibilidades mais concreta para evitar seu despejo na natureza é reaproveitá-lo fazendo sabão através da reação de saponificação (MARTINS, 2010).

Portanto, a reciclagem desse óleo assume um papel, que é, além de ajudar a diminuir os causadores da poluição ambiental e todas as demais coisas citadas acima, o de vir a ajudar na vida financeira de muitas famílias brasileira. Onde essa produção pode ser feita de forma tranquila, com alguns cuidados, mas que pode gerar venda desse sabão, assim como também tira a necessidade de estar sempre comprando um sabão para casa. (MIGUEL; FRANCO, 2014).

Nos últimos anos, foram iniciadas várias pesquisas que enfatizaram a oportunidade de se trabalhar com óleos renováveis. Estudos realizados por KAUR; ALI, (2011) utilizando óleos de karanja e jatopha para produção de biocombustível, diversas são as matérias-primas utilizadas para a produção do biodiesel como uma gama de óleos vegetais, gorduras animais (frango, suíno e bovino), óleos microbianos, óleos de algas e óleo residual de fritura. A seleção da matéria-prima é um processo fundamental para a produção do biodiesel, pois é com ela que deve se opinar sobre as proporções de custo, de rendimento, de composição e de pureza. A região é um fator também muito decisivo, o Brasil é compatível com um bom clima para a produção de matéria prima e sua extensão territorial torna-se um dos maiores pontos positivos em relação à essa indústria. possui

a maior uma das maiores capacidades de produção de biocombustível por possuir extensas terras cultiváveis para a agronomia. Segundo pesquisas, diversas são as vantagens climáticas que o território brasileiro dispõe, devido ser uma região de clima tropical, propiciando temperaturas anuais condizentes com as culturas que fornecem matéria-prima para o biodiesel:

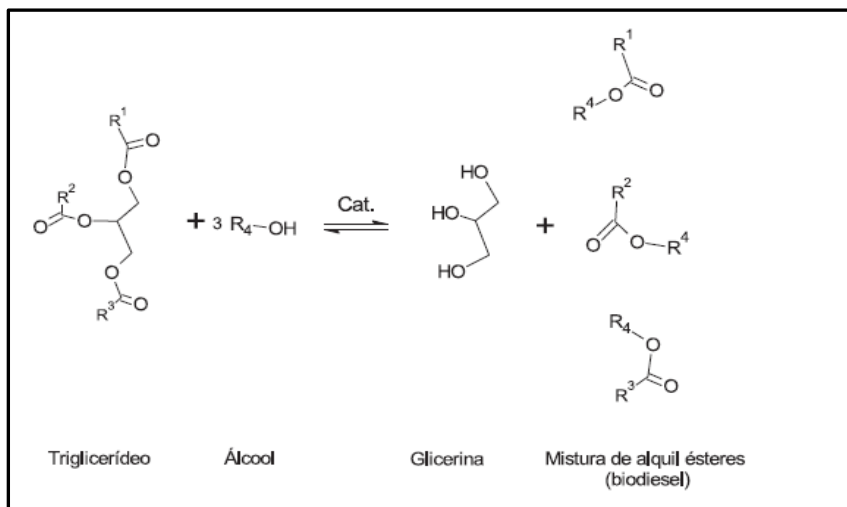
“O Brasil é considerado o país que possui a maior capacidade de produção de biocombustível, pois, além de possuir grandes extensões de terras cultiváveis para a agronomia, o território nacional possui grandes vantagens climáticas, devido a ser uma região de clima tropical, o que propicia temperaturas anuais condizentes com as culturas que fornecem matéria-prima para o biodiesel, fornecendo ainda, altas taxas de luminosidade e frequência de chuva” (SOARES, 2018, p. 22).

O mecanismo de produção mais utilizado na produção do biodiesel é a reação chamada de transesterificação, que converte óleos vegetais ou gorduras animais em biodiesel com álcoois de cadeia curta, por exemplo, metanol e etanol na presença de um catalisador (AYATO et al, 2017). Deve-se levar em conta que a qualidade da matéria-prima, em muitos casos, determina o tipo de catalisador a ser utilizado dentro do processo de transesterificação do óleo em questão. Esse fator é determinante e deve ser levado à risca quanto aos padrões estabelecidos pelas normas de certificação da ASTM D6751, EM 14214 e ANP 24.

Os produtos da reação resultam em um éster (biodiesel) e glicerol (SHARMA; SINGH; UPADHYAY, 2008). É utilizado para separar a glicerina do biodiesel do processo de decantação que ocorre

de forma mais fácil quando o subproduto é produzido com metanol. A reação com etanol apresenta maior dificuldade na separação porque a reatividade em relação ao metanol é menor, tornando o processo mais lento.

Figura 2: Reação de Transesterificação



Fonte: Lôbo; Ferreira; Cruz 2009.

O triglicerídeo, principal constituinte dos óleos vegetais, não é solúvel em álcoois de cadeia curta devido seu caráter apolar, por isso para que haja interação desses reagentes faz-se necessário a utilização de meios mecânicos. Obviamente, para transformar o óleo vegetal em éster, é necessária uma fase alcoólica (catalisador) muito reativa. Essa fase catalítica é composta pela interação de uma base forte como o hidróxido de sódio ($NaOH$) e um álcool de cadeia curta, pode-se usar metanol ($MeOH$) ou etanol (álcool etílico), que são

álcoois de baixo peso molecular e etanol onde apresentam respectivamente a massa molecular de 32,04 g/mol e 46.06 g/mol. Freedman e colaboradores demonstraram que a reação com o metanol é mais viável do que com o álcool etílico. O etanol pode ser utilizado nesta reação desde que seja na forma de anidro (com teor de água abaixo de 2%), isso porque a água atua como inibidora da reação e apresenta interferentes durante o processo. Chama-se essa solução de alcóxido e ela serve como grupo de ataque aos ésteres que posteriormente os transformam em glicerina. A presença do catalisador (ácido ou básico) acelera de forma considerável a reação de conversão, como também contribui para aumentar o rendimento dela.

Separação e Classificação das Amostras

Esse processo leva em consideração o pré-tratamento da matéria-prima, no caso são as amostras de óleos residuais geradas em diferentes pontos da cidade de São Luís - Maranhão, transesterificação, caracterização e testes; como será descrito a seguir. Levou-se as amostras ao Laboratório de Química da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, onde lá foram determinadas algumas diferenças entre as mesmas como amostras classificadas e não classificadas. As amostras classificadas foram assim chamadas devido seu aspecto visual mais límpido e menos material de fritura presente na mesma.

As amostras não classificadas foram assim chamadas devido seu aspecto visual conter uma cor mais *turva* e com uma quantidade maior de material depositado no fundo do recipiente da amostra. É importante levar em consideração que classificadas e não classificadas são em relação à produção de biodiesel. Já as amostras não classificadas, foram utilizadas para produção de sabão ecológico. Essa classificação deu-se a partir da observação da cor dos óleos e da quantidade de resíduos depositados no fundo das embalagens que estavam nas amostras de óleos de fritura.

Foram separadas em três amostras distintas de óleos residuais não levando em consideração se eram óleos diferentes visto que a importância dessa separação não convém a este trabalho. Após separadas as amostras, ambas passaram por um processo de filtração que ocorreu de forma simples. Com isso foram retirados grande parte dos resíduos interferentes. Utilizou-se garrafas pet 's para a filtração com o intuito de garantir que as amostras não se perdessem ou vazassem para fora do recipiente que era usado como funil. Esse processo durou cerca de 20 horas.

Para a fabricação de biodiesel, utilizou-se o hidróxido de sódio catalisador para a transesterificação de metanol e triglicerídeos. Isso funciona apenas com hidróxido de sódio (NaOH) anidro, porque, combinada com água, a gordura se transforma em sabão, que pode ser contaminado com metanol. O NaOH é usado com mais frequência do que o hidróxido de potássio (KOH), porque é mais

barato e é necessária uma quantidade menor. Procurou-se um meio de reter o máximo de partículas possíveis dentro dessas amostras para que as mesmas que passassem pelo processo de transesterificação de forma mais limpa, diminuindo assim interferentes que diminuiriam a velocidade da reação ou perspectivas do trabalho.

Figura 3: Esquema de filtração das amostras 1,2 e 3 respectivamente



Fonte: O autor, 2021.

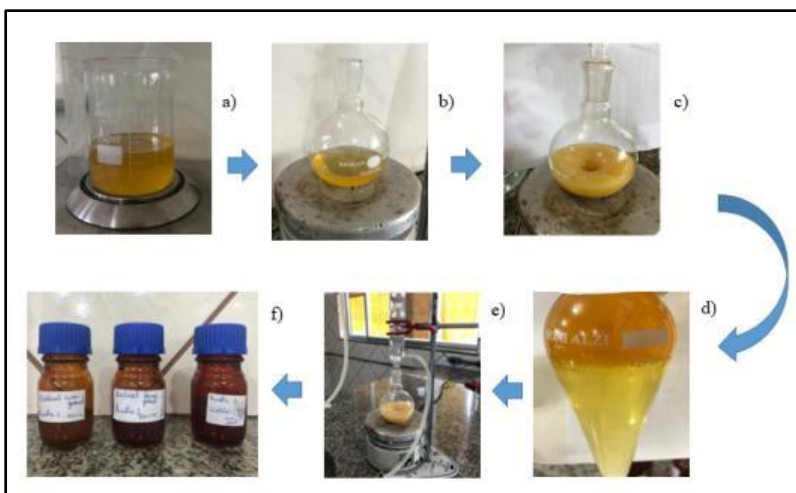
As amostras que não foram filtradas retornaram as embalagens e passaram a ser denominadas de *não classificadas*, isso ocorreu pelo fato desta parte da amostra conter muitos resíduos de fritura e impossibilitar a produção de biodiesel

O processo de reação ocorreu dentro de vidrarias controladas em laboratório pelo bolsista. O balão de reação era de

aproximadamente de 250mL sendo 100mL só de óleo já filtrado. A matéria-prima passou por aquecimento e logo depois sofreu reação com a adição da solução de hidróxido junto ao álcool. A temperatura foi acompanhada durante todo o processo, verificando-se que ocorria entre as temperaturas de 50 °C a 60 ° C. Posteriormente, a mistura reacional de aproximadamente 1 hora chegou ao fim, foi transferido para um funil de separação e lá ele ficou retido por 24 horas. Com o passar deste procedimento, observou-se a decantação da glicerina presente ao biodiesel e guardou-se as amostras de biocombustíveis produzidas. Vale ressaltar que durante toda a reação, o bolsista utilizou-se um condensador para que evitasse a evaporação e perda do metanol.

Calculou-se o rendimento do biodiesel como sendo a massa de biodiesel pesada depois da reação em função da massa de óleo empregada na reação de transesterificação. Logo, o rendimento (%) = $(\text{Massa de biodiesel} / \text{Massa de óleo empregada}) \times 100$. As amostras de biodiesel foram submetidas aos padrões de qualidade, sendo selecionadas a Densidade (KG/dm³) a Umidade (%), as Cinzas (%) e Viscosidade (mm²/s). Para umidade, colocou-se uma quantidade de biodiesel produzido a partir do óleo residual em um recipiente e posteriormente colocou-se em uma estufa a aproximadamente 105° C em uma estufa modelo FANEM 515.

Figura 4: Etapas do processo de obtenção do biodiesel



Fonte: O autor, 2021.

Esse processo se passou pelas etapas de peso de massa do óleo residual (a), aquecimento da amostra (b), reação de transesterificação (c), decantação (d) e por fim o armazenamento (e). A partir dos óleos também se procurou a especificação para a base de um sabão ecológico visto que essa matéria-prima não serve apenas para a produção do biocombustível, podendo também ser utilizada para a produção de sabões oriundos destes óleos residuais.

Para a produção do sabão, utilizou das mesmas amostras de óleos *não classificadas*, pesou-se uma certa quantidade que referencial aproximadamente 100mL, deixou-se aquecer por aproximadamente cinco minutos numa temperatura entre 50°C e 60°C, sempre em agitação constante até alcançar 80°C. Foi adicionado uma solução de hidróxido de sódio, também aquecido e

misturou-se as duas quantidades líquidas. A formação do sabão demorou cerca de 20 minutos em agitação constante. Após a reação de saponificação levou-se os produtos para um molde em placa de vidro e com 24 horas de repouso as amostras foram pesadas e medidas em rendimento.

Figura 5: Etapas do processo de obtenção do biodiesel



Fonte: O autor, 2021.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O álcool utilizado para as realizar as reações de transesterificação foi o metílico (MeOH), pois apenas esse reagente constava em estoque no Laboratório de Química da Universidade Estadual do Maranhão. Com isso, a reação foi realizada pela rota metílica. As amostras de biodiesel passaram no aspecto visual

segundo a norma da ANP 42 que permite certos limites de materiais sólidos dentro das amostras que serão transesterificadas.

A razão molar óleo vegetal/álcool é um dos principais fatores que influenciam a extensão da reação de transesterificação (GARCIA, 2006). O excesso de álcool utilizado na reação favoreceu a formação dos produtos, pois aqui utilizou-se 1 mol de óleo de fritura para 9 mols de álcool. Sempre é recomendado esse excesso, pois se torna fator positivo na reação. A reação apresentou um resultado parcialmente satisfatório, visto que ocorreu sim um aproveitamento mediano (quase 60%) em duas das três amostras.

Figura 6: Retenção das amostras 1 e 2

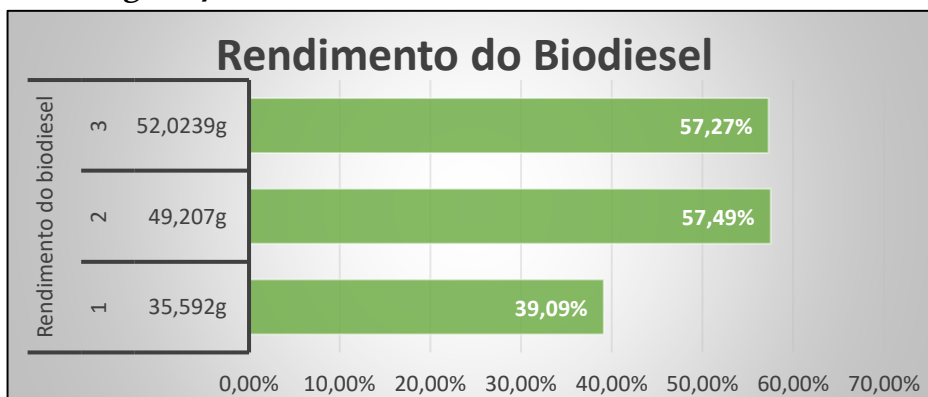


Fonte: O autor, 2021.

O biodiesel produzido apresentou-se com aspectos positivos quando considerado a norma da Agência Nacional de Petróleo RANP 07/08. Trata-se de uma análise preliminar, onde se procura verificar

a presença de certas impurezas que são identificadas visualmente, como materiais em suspensão e depositados em corpo de fundo, sedimentos ou mesmo turvação na amostra de biodiesel. Na ausência destes contaminantes, o biocombustível é classificado como límpido e isento de impurezas (LÔBO et al. 2009). Após as filtrações, que ocorreram por aproximadamente 24 horas, submeteu-se as amostras de óleo filtradas à transesterificação.

Figura 7: Resultados dos rendimentos de biodiesel.



Fonte: O autor, 2021.

Percebeu-se que as amostras 1 e 2 se mostraram em valores quase similares, assim a reação ocorreu de forma bem semelhante e o armazenamento da mesma forma, sem erros ou durante a decantação. Para se obter o biodiesel em mais quantidade, aumentando seu rendimento, é necessário que se lave o mesmo para que o máximo possível do produto seja retirado da glicerina que é o subproduto da reação de transesterificação. As amostras de

biodiesel foram submetidas às normas das resoluções ASTM, CEN e ANP 42, seguindo um padrão de análises químicas. Deve-se procurar, a partir da renovação da bolsa, meios que possam viabilizar uma nova tentativa de transesterificação para que os valores de referência da ANP, CEN, ASTM. Os resultados encontrados foram confrontados com os estabelecidos pela Resolução da Agência Nacional de Petróleo 07/08.

Com o gráfico 2, observa-se as diferentes amostras sendo submetidas às mesmas condições de reação de transesterificação, a amostra número 1 apresentou menor rendimento dentre todas. Isso ocorreu pois o funil de separação em que estava a amostra apresentou vazamento no segundo dia em que a amostra estava em decantação esperando o tempo de aproximadamente 24 horas de decantação.

Tabela 1: Resultados dos valores de caracterização físico-químicos

| Amostras | Números de análises | Densidade (Kg/dm ³) | Umidade (%) | Cinza (%) | Viscosidade (mm ² /s) |
|----------|---------------------|---------------------------------|-------------|-----------|----------------------------------|
| 1 | 1 | 0,905 | 1,2 | 0,025 | 58 |
| | 2 | 0,915 | 1,2 | 0,028 | 53 |
| | 3 | 0,876 | 1,1 | 0,028 | 55 |
| 2 | 1 | 0,899 | 1,5 | 0,029 | 48 |
| | 2 | 0,940 | 1,7 | 0,025 | 49 |
| | 3 | 0,850 | 1,6 | 0,031 | 52 |

| | | | | | |
|----------------------|-------|---------------------------------------|-------|-------|---------------------------------|
| 3 | 1 | 0,910 | 1,3 | 0,031 | 61 |
| | 2 | 0,830 | 1,3 | 0,29 | 62 |
| | 3 | 0,920 | 1,4 | 0,29 | 62 |
| PADRÃO RANP 07/08 | ----- | 0,850- 0,900 Kg/dm ³ | 0,05% | 0,20% | 3,0 – 6,0 mm ² /s |

Fonte: O autor, 2021.

Com esse resultado, busca-se inovações quando persistente a esses valores de rendimento. Isso, porque é necessário um avanço para além das quantidades percentuais obtidas, ou seja, apenas com um aprimoramento das técnicas de produção e avaliação dos materiais utilizados é que não ocorrerá novas interferências e um possível maior rendimento. Por se tratar de valores ainda medianos, há uma correlação entre as dificuldades encontradas e algumas falhas de condições de laboratório não tão favoráveis.

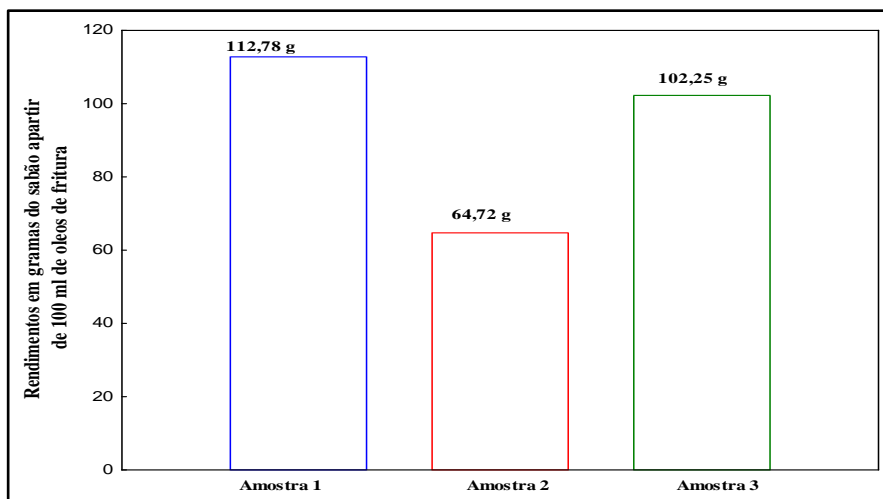
Dados os valores acima da tabela, observou-se que algumas propriedades físico-químicas não houve tanto desvio, como a massa específica e valores cinzas. No entanto, alguns valores bem diferenciados da literatura foram encontrados, principalmente em relação aos valores de viscosidade e umidade. Alguns comparativos físico-químicos não apresentaram tantas diferenças em relação a literatura como a massa específica e as cinzas, apresentando resultados dentro da média com algumas variações. Já as outras amostras como a umidade e viscosidade, apresentaram uma alta diferença em relação ao que já consta em literatura sobre este

assunto de produção de biodiesel e seus valores padrões seguindo a RANP 07/08.

A densidade do biodiesel é relacionada com a característica da cadeia carbônica do óleo utilizado, quanto maior a cadeia maior a densidade. Em contrapartida, quanto maior a quantidade de insaturação dentro da molécula, menor a densidade do biodiesel. (BOOG *et al.*, 2011). A hipótese gerada a partir deste resultado é que as cadeias carbônicas dos óleos usados podem ser consideradas grandes em quantidade de carbonos e que isso pode ser verificado em valores de densidade, os mesmos podem ter uma certa quantidade de oleaginosas misturadas, dificultando a verdadeira identidade da espécie de matéria prima.

Com isso, o trabalho respeitou as expectativas ambientais ao qual se alinhava, buscar uma alternativa viável com poucos reagentes e uma expressiva capacidade de produção energética sustentável, além de reduzir os índices de poluição oriundos dessa atividade errada de descarte de óleo. Com isso, é interessante frisar a importância da pesquisa em temas que visam o melhoramento da saúde humana, o desenvolvimento da indústria e o respeito a biodiversidade, isso tudo são valores importantes pertinentes ao que se vive nos laboratórios da universidade pública. A partir de novos estudos posteriores pode-se analisar onde está se originando esta alta diferença, fazendo com que possa diminuí-la e assim tornar o produto mais efetivo dentro da economia brasileira.

Figura 8: Resultados dos valores de caracterização físico-químicos



Fonte: O autor, 2021.

Observou-se que os resultados aqui obtidos em relação à densidade estão parcialmente dentro dos limites estabelecidos pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural E Biocombustíveis. Tendo em vista o potencial deste trabalho e a capacidade que ele tem de impactar a sociedade em áreas da economia e ambiental, visamos expandi-lo à medida que o melhoramento da metodologia for se aprimorando de diversas formas, ampliando assim os horizontes para futuras pesquisas a cerca deste tema dentro da nossa universidade. Para a produção de sabão envolvendo as amostras de óleos recolhidas, observa com a tabela 2 que dentre as formulações testadas, as que alcançaram melhores resultados foram a número 1 e 3. Ambas obtiveram uma boa porcentagem de rendimento. Já a

amostra 2, na qual foi utilizada o óleo após passar pelo processo de filtração, demonstrou uma aparência um pouco mais limpa, sem material de fritura depositado ao seu fundo, apresentou perda de volume considerável. A origem do óleo ou alguma substância presentes nesse resíduo pode ter consequências de menos rendimento, o que ocorreu na amostra 2, onde a redução foi quase que pela metade de sucesso na produção do sabão.

CONCLUSÃO

Concluiu-se que os óleos residuais dos referidos estabelecimentos comerciais são viáveis para produzir o biodiesel. Com os estudos realizados a partir da utilização desta matéria prima, pode-se concluir que o processo de transesterificação, mostrou-se eficaz na produção de biodiesel. Em relação a potencialidade de produzir-se biodiesel e o sabão através de óleos de frituras residuais, reaproveitados de feiras de São Luís, conseguiu-se observar que é uma alternativa bem eficaz para o rendimento para ambos os produtos. É notório a relevância deste trabalho para a diminuição dos aspectos poluentes dentro da nossa sociedade, sabe-se que a maioria das pessoas não sabe como realizar o descarte correto do óleo de fritura e isso tem impactos prejudiciais ao meio ambiente. Portanto, faz-se necessário realizar trabalhos com essa iniciativa, visto que os produtos geram benefícios econômicos e principalmente ambientais.

Essa pesquisa, certamente, demonstra a necessidade de novas avaliações ambientais e de rotina que devem ser adotadas em residências e para além das nossas moradias, podendo ser um trabalho prospectivo e de alto interesse econômico estadual. Esse trabalho foi desenvolvido através do Programa de Iniciação Científica da UEMA (PIBIC) com fomento da agência Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) durante os anos de 2020/2021.

REFERÊNCIAS

American Society Testing Methods. D6751 EUA
acessado em 13/02/2021:

<http://www.astm.org/Standards/D6751.html>

AMBAT, I.; SRIVASTAVA, V.; SILLANPÄÄ, M. Recent advancement in biodiesel production methodologies using various feedstock: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 90, p. 356-369, 2018.

AYATO, K.; KOH, M.; KATSUHISA, H. Acceleration of catalytic activity of calcium oxide for biodiesel production. **Bioresour. Technol.** 100, 696-700 (2017).

BOOG, J. H. F.; SILVEIRA, E. L. C.; DE CALAND, L. B.; TUBINO, M. Determining the residual alcohol in biodiesel through its flash point. **Fuel**, v. 90, n. 2, p. 905-907, 2011.

COSTA, P. R. N.; ROSSI, N. F. S.; ZAGONEL, G. F.; RAMOS, L. P. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. **Química nova**, v. 23, p. 531-537, 2000.

HENRIQUE, D. F. Produção de biodiesel a partir de óleo residual reciclado e realização de testes comparativos com outros tipos de biodiesel e proporções de mistura em um moto-gerador. **Dissertação de mestrado** – UNESP. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Ciências Térmicas, 2010.

FREEDMAN, B. E. H. P.; PRYDE, E. H.; MOUNTS, T. L. Variables affecting the yields of fatty esters from transesterified vegetable oils. **Journal of the American Oil Chemists Society**, v. 61, n. 10, p. 1638-1643, 1984.

GERIS, R.; DOS SANTOS, N. A. C.; AMARAL, B. A.; MAIA, I. S.; CASTRO, V. D.; CARVALHO, J. R. M. Biodiesel de soja: reação de transesterificação para aulas práticas de química orgânica. **Química Nova**, v. 30, n. 5, p. 1369-1373, 2007.

KAUR, M; ALI, A. Lithium ion impregnated calcium oxide as nano catalyst for the biodiesel production from karanja and jatropha oils. **Renewable Energy**, v. 36, n. 11, p. 2866-2871, 2011.

LEUNG, D. Y. C.; KOO, B. C. P.; GUO Y.; Degradation of biodiesel under different storage conditions, **Bioresour. Technol.** 2006, 97, 250.

LÔBO, I. P.; FERREIRA, S. L. C.; CRUZ, R. S. Biodiesel: parâmetros de qualidade e métodos analíticos. **Química nova**, v. 32, n. 6, p. 1596-1608, 2009.

LOTERO, E.; LIU, Y.; LOPEZ, D. E.; SUWANNAKARN, K.; BRUCE, D. A.; GOODWIN, J. G. Synthesis of biodiesel via acid catalysis. **Industrial & engineering chemistry research**, v. 44, n. 14, p. 5353-5363, 2005.

MIGUEL, A. C.; FRANCO, D. M. B. Logística reversa do óleo de cozinha. **Revista Científica**. Faculdade Anchieta. n. 9, p. 3-13, 2014.

NGUYEN, T.; DO, L.; SABATINI, D. A. Biodiesel production via peanut oil extraction using diesel-based reverse-micellar microemulsions. **Fuel**, v. 89, n. 9, p. 2285-2291, 2010.

PERES, S.; PAIVA, T. M. N.; MIRO, R. M. F.; FERREIRA, A. L.; CAMPOS, T. A. M. Caracterização do biodiesel de sebo bovino utilizando rotas metílicas e etílicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 5, 2008, Lavras, MG. **Anais...** Lavras: [S.n.], 2008. p. 1728-1740.

RAMALHO, H. F.; SUAREZ, P. A. Z. A química dos óleos e gorduras e seus processos de extração e refino. **Revista Virtual de Química**, v. 5, n. 1, p. 2-15, 2013.

RAMOS, L. P. Biodiesel: matérias-primas, tecnologias de produção e propriedades combustíveis. **Revista virtual de química**, v. 9, n. 1 p. 317-369, 2017.

SANTOS, A. M. C. M. Produção de biodiesel de, óleo de babaçu (*Attalea spp.*) e soja (*Glycine max*) utilizando como catalisadores líquidos iônicos e complexos de piridina. **Tese do doutorado – UFMA**, programa de pós-graduação em rede - rede de biodiversidade e biotecnologia da Amazônia LEGAL/CCBS, 2016.

SILVA, M. V.; DIAS, F. M.; MACEDO, P. F.; BOAS, S. R. V.; BOTELHO, P. S.; JOSE, I. C. Reciclagem de óleos residuais para a produção de sabão no município de Itapetinga-BA. **Extensão: Revista Eletrônica de Extensão**, v. 9, n. 13, p. 106-120, 2012.

SOARES, T. M. Estudo da adição de Lítio a nano catalisadores de óxido de Cálcio para a produção de biodiesel. **Dissertação de Mestrado**, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. UFES, Alegre, 2018.

SELAIMIA, R.; BEGHIEL, A.; OUMEDDOUR, R. The synthesis of biodiesel from vegetable oil. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 195, p. 1633-1638, 2015.

SHARMA, Y. C.; SINGH, B.; UPADHYAY, S. U. Advancements in development and characterization of biodiesel; A review, **Fuel** 87, Issue 12, 2008, Pages 2355-2373.

SIMULAÇÃO DO COVID-19 DAS PRINCIPAIS CIDADES DO ESTADO DO MARANHÃO USANDO O MODELO EPIDÊMICO SIR ATRAVÉS DO SOFTWARE SCILAB

Sergio Nolêto Turibus¹

Maria Lusiane Santos Matos²

INTRODUÇÃO

A pandemia de COVID-19 que surpreendeu o mundo no final de 2019, se tornou um dos assuntos mais preocupantes no cotidiano da população. Por se tratar de algo novo, em que se tem poucas informações, a todo instante novas pesquisas são realizadas no intuito de obter conhecimento a respeito do comportamento da doença.

Todas as áreas da ciência estão investindo em estudos para contribuir na busca incansável por soluções e métodos que possam desacelerar ou até mesmo erradicar a disseminação do Corona vírus. Dentro destas, a epidemiologia Matemática vem ganhando destaque na mídia em aspecto mundial, devido à apresentação de uma série de dados em relação à difusão e propagação da doença, assim como, projeções de sua evolução e formas de prevenção (MIELKE et al., 2020).

Enfatizando principalmente os modelos matemáticos comportamentais, que separam a população em compartimentos, e fundamentam-se na descrição de doenças que se propagam de forma

¹ Universidade Estadual do Maranhão – UEMA/Campus Balsas

² Universidade Estadual do Maranhão – UEMA/Campus Balsas

direta, ou seja, infecções viróticas e bacterianas que se disseminam através do meio físico em decorrência do contato apropriado entre indivíduos suscetíveis e infectados (OLIVEIRA, 2019). Os três modelos matemáticos mais utilizados na epidemiologia matemática são: SI, SIS, SIR; e a escolha deste, depende exclusivamente das características da doença (SILVA, 2018).

O modelo SIR (Suscetíveis, Infectados e Recuperados) proposto em 1967 pelos pesquisadores Kermack e McKendrick, por exemplo, descreve de maneira geral a dinâmica de propagação, pois analisa a progressão de uma doença dentro de uma população ou meio, levando em consideração os níveis de infecção e os estados iniciais S, I, R e descreve com certa precisão a unidade de tempo necessária para uma epidemia atingir o pico após o primeiro momento de contágio. Trata-se de um modelo matemático simples, bastante utilizado para modelar epidemias, devido fornecer dentro dos seus parâmetros de equação estimativas consistentes de valores próximos dos reais.

É importante lembrar que este modelo matemático não retrata todos os estados possíveis da doença, como, por exemplo, o estado latente, porém apresenta os mais essenciais elementos no processo de transmissão da doença (CRISTOVÃO, 2015). Tal ausência de compartimento é justificado por meio do fato de que algumas doenças têm estado latente muito curto quando comparado a outros períodos da doença.

A principal ideia por trás desse modelo é descrever que uma população N se separa em três compartimentos adjuntos: Suscetíveis (S), Infectados (I) e Recuperados (R), de tal forma que, $N = S + I + R$, onde S, I e R são denominadas como as variáveis absoluta de indivíduos dentro de um grupo ou a quantidade proporcional de indivíduos em relação a população total (SÁNCHEZ et al., 2020).

No modelo SIR, são analisados o número de indivíduos ao passar do tempo nas três categorias, tendo em vista que alguns indivíduos que integram a classe de suscetíveis contraem a doença ao ficarem em contato com infectados da população, de tamanho constante ($N > 0$). Outro ponto importante, é fato de que com o passar do tempo os infecciosos ganham imunidade e, desta forma passam a não contribuir para disseminação da doença.

Desta forma, objetivou-se nesse trabalho aplicar o modelo SIR utilizando dados da pandemia das principais Cidades do Maranhão, devido ao estado ser o sexto em número de casos no Brasil e apresentar crescimento na quantidade de novos casos e por apresentar uma taxa de crescimento alta.

Modelo epidêmico SIR

O modelo SIR (Suscetíveis, Infectados e Recuperados) que consiste na caracterização do comportamento de uma epidemia por meio da divisão da população em três grupos: indivíduos que possuem a possibilidade de contrair a doença, indivíduos que podem

transmitir a doenças e indivíduos que se recuperaram da doença e ganharam imunidade ou morreram em decorrência dela.

As equações diferenciais do Modelo SIR são:

$$\frac{dS}{dt} = -\beta SI \rightarrow \text{Solução da equação diferencial } S = S_0 e^{-\beta I t}$$

$$\frac{dI}{dt} = \beta SI - \gamma I \rightarrow \text{Solução da equação diferencial } I = I_0 e^{I(\beta - \gamma)t}$$

$$\frac{dI}{dR} = \gamma I \rightarrow \text{Solução da equação diferencial } R = R_0 e^{\gamma S t}$$

β determina a taxa em que novas infecções surgem como consequência do contato entre suscetíveis e infectados e γ é a taxa com que os infectados se tornam recuperados.

Esse modelo matemático é o mais utilizado na representação de doenças infecciosas que se propagam rapidamente entre as pessoas e conferem imunidade aos que se recuperam (no caso do COVID-19 isto ainda é apenas uma hipótese, devido pouco saber-se sobre o comportamento da doença) (GOMES et al., 2020). Além disso, ele é caracterizado como um modelo matemático simplificado, que confere confiabilidade, devido apresentar resultados muito próximos dos reais na pandemia de COVID-19.

No modelo SIR, conforme a literatura é bastante conhecido, por apresentar a evolução da população S (suscetível), I (infectada) e

R (recuperada). Os principais parâmetros desse modelo são: β – **taxa de transmissão** (quantidade de pessoas, em média, que um único indivíduo infectado pode transmitir a doença) e γ – **taxa de recuperação**, a população total é dada pela expressão. Além disso, a taxa de variação dos suscetíveis ao longo do tempo é $-\lambda S$; a taxa de variação dos infectados temporalmente é $\beta SI - \gamma I - \mu I$ e a taxa de variação dos recuperados (ou por morte) ao longo do tempo é $\gamma I - \mu R$.

No modelo SIR, a reprodutibilidade basal é medida pela taxa de reprodução (R_0), representa a quantidade de pessoas infectadas através de um único indivíduo, $R_0 = \beta/\gamma$. Conforme a literatura, esse valor varia entre 2 e 4, para caso de Covid-19 e tende a se modificar com os avanços da epidemia.

METODOLOGIA

Na etapa inicial do projeto foi realizado uma pesquisa bibliográfica referente a epidemiologia Matemática, dando ênfase ao modelo SIR (Suscetíveis, Infectados e Recuperados). Após a pesquisa, foi realizado a coleta de dados junto a Secretária de Saúde do Estado do Maranhão, no qual, foi incluído todos os casos confirmados e de óbitos registrados nas 10 principais cidades Maranhenses a partir do registro do primeiro caso confirmado no dia 20 de março de 2020 até o mês de janeiro de 2021. Os dados foram organizados em planilhas e tabulados no *Microsoft Excel*, posteriormente foi desenvolvido um algoritmo no *Software Scilab*. Após essa etapa foi realizada a

simulação dos dados de cada município para gerar a curva de crescimento do Covid-19.

As cidades para o desenvolvimento do projeto foram: São Luís, Imperatriz, São José de Ribamar, Timon, Caxias, Paço do Lumiar, Codó, Açailândia, Bacabal e Balsas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No dia 28 de fevereiro de 2020 a Secretaria de Estado de Saúde começou a monitorar os primeiros casos de Covid-19 no Maranhão. O primeiro caso confirmado da doença ocorreram a partir do dia 20 de março, onde esse caso foi confirmado a partir de exames laboratoriais, por um homem, idoso, que voltava de viagem do estado de São Paulo.

A partir de então, o Estado apresentou registro crescente no número de novos casos por isso foram realizados os ajustes de curvas em relação aos gráficos do número de casos acumulados dos Municípios pesquisados.

Para simulação foram usados, conforme a literatura, o valor de gama igual a $\gamma = 1/18$. O número 18 corresponde a duração média da doença que é de 18 dias.

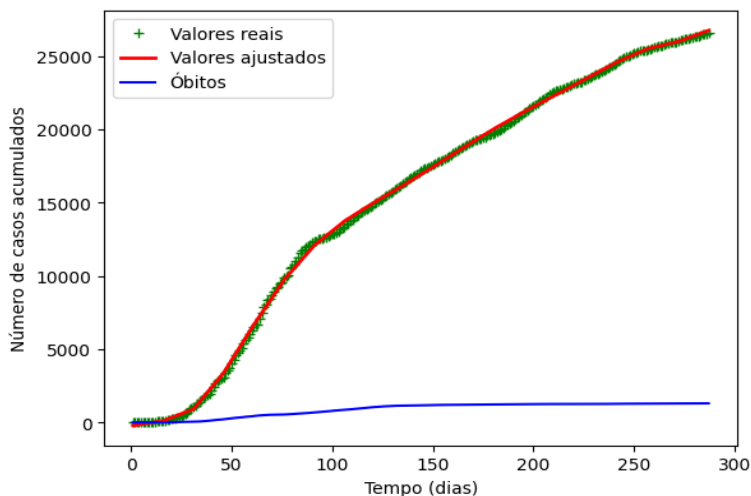
No estudo de epidemias, um dos maiores interesses é avaliar a capacidade que uma doença tem de contágio dentro de uma população, isto é, a habilidade de transmissão que indivíduos infectados possuem (SANCHES, 2015). Por isso, é usado o valor de Ro

(reprodutibilidade basal), possuidor de uma grande importância no que diz respeito a avaliação comportamental de doenças.

Na simulação, foi usado para a reprodutibilidade basal R_0 (taxa de reprodução) dois ou três valores segundo o município estudado. A reprodução basal ($R_0 = \beta / \gamma$) indica o número médio de pessoas que um único indivíduo infectado pode infectar.

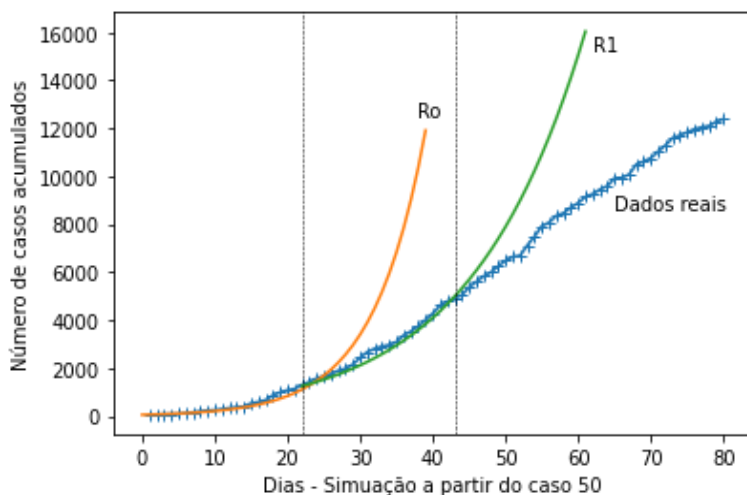
Em todos os gráficos foram estimados valores a partir de dados reais a contar do caso 40 a 52, momento em que a taxa de reprodução passou a ser mais acelerada, para 80 a 100 dias, para poder representar a atuação do modelo em reproduzir o desenvolvimento real da epidemia de Covid-19 (MESQUITA et al., 2020).

Fig. 1: Ajuste de curvas para o número de casos acumulados do Covid-19 da Cidade de São Luís.



Fonte: Dados da pesquisa, 2021

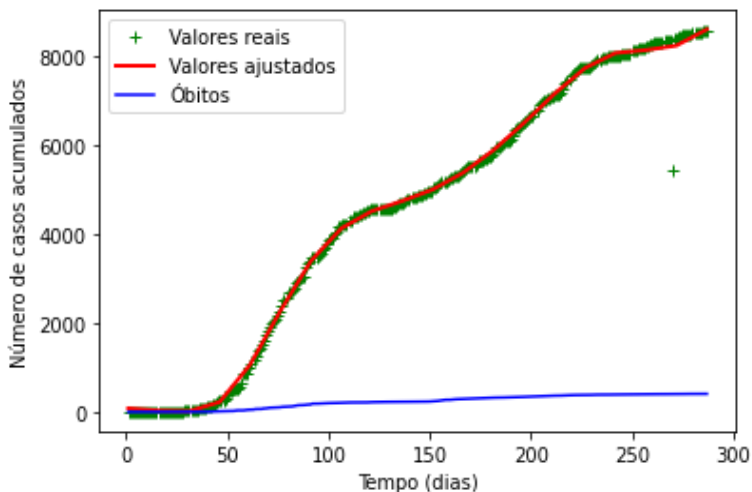
Fig. 2: Simulação do número de casos acumulados do Covid-19 da Cidade de São Luís.



Fonte: Dados da pesquisa, 2021

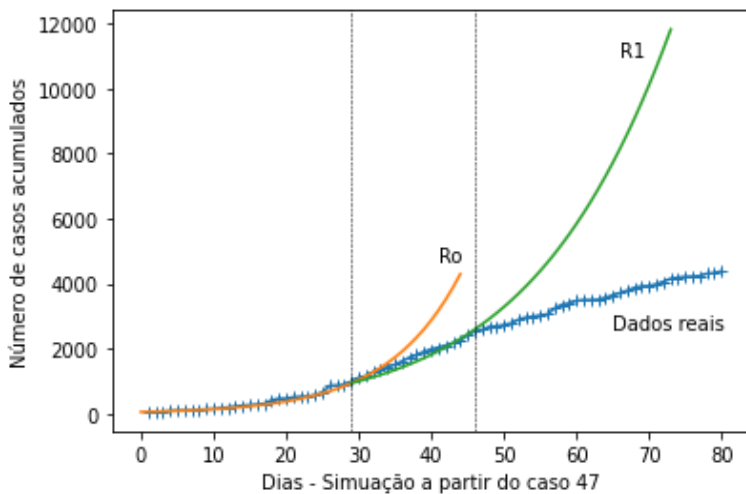
As figuras (1 e 2) demonstram a evolução de Covid-19 na Cidade de São Luís, a contar do caso 50. À medida que a pandemia foi avançando, ocorreu uma mudança na taxa de reprodutibilidade basal, que passou de R_0 para R_1 , o que significa que a quantidade inicial de pessoas infectadas por um único indivíduo sofreu acréscimo. Desta forma, houve a variação para mais ou para menos nos valores estimados a partir de dados reais coletados em 80 dias após o caso 50.

Fig. 3: Ajuste de curvas para o número de casos acumulados do Covid-19 da Cidade de Imperatriz.



Fonte: Dados da pesquisa, 2021

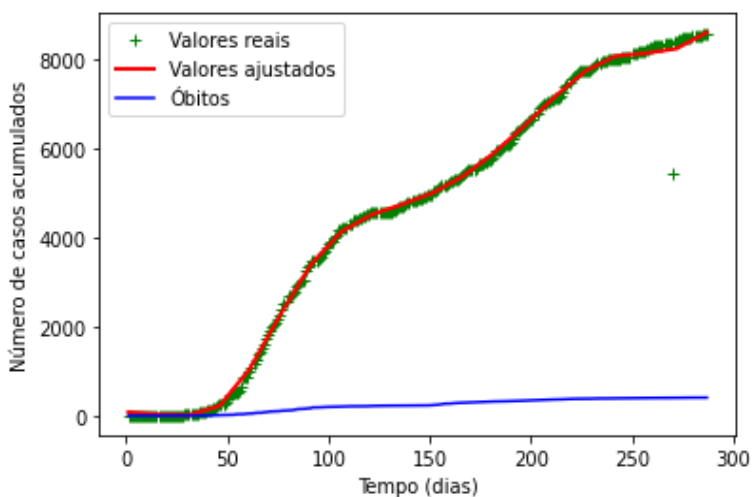
Fig. 4: Simulação do número de casos acumulados do Covid-19 da Cidade de Imperatriz.



Fonte: Dados da pesquisa, 2021

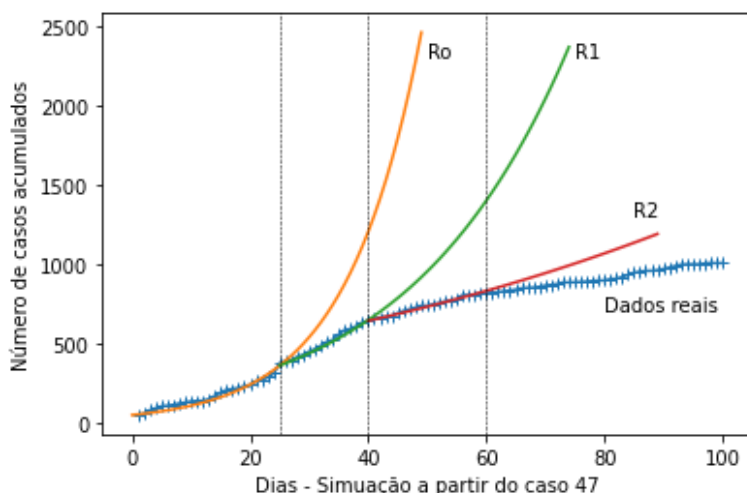
Para a demonstração da evolução de Covid-19 na Cidade de Imperatriz, mostrada nas figuras (3 e 4) a simulação foi realizada a contar do caso 47. E assim como em São Luís, em certo momento, a taxa de reprodutibilidade basal sofreu alterações passando de R_0 a R_1 , havendo a variação para mais pessoas infectadas por um único indivíduo, a partir de dados reais coletados em 80 dias após o caso 47.

Fig. 5: Ajuste de curvas para o número de casos acumulados do Covid-19 da Cidade de São José de Ribamar.



Fonte: Dados da pesquisa, 2021

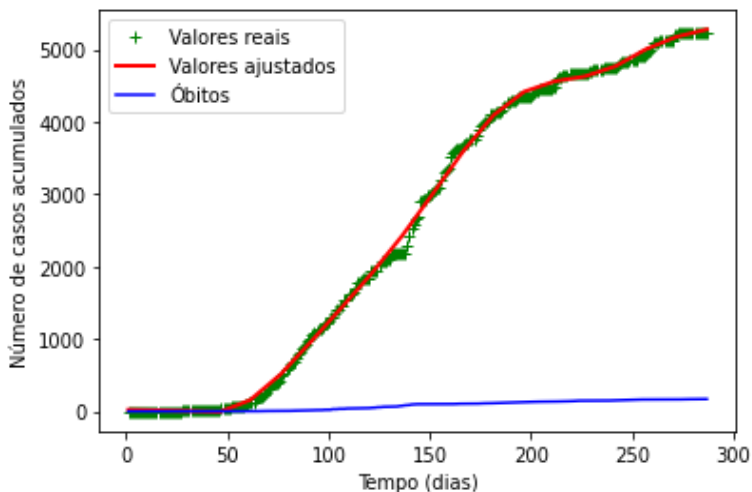
Fig. 6: Simulação do número de casos acumulados do Covid-19 da Cidade de São José de Ribamar.



Fonte: Dados da pesquisa, 2021

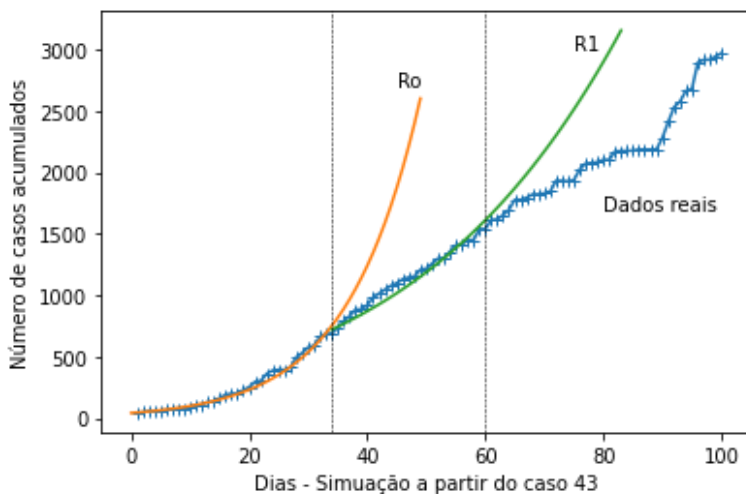
Na cidade de São José de Ribamar a simulação foi realizada a contar do caso 47, assim como para a Cidade de Imperatriz. No entanto, o gráfico de São Ribamar apresentou três valores para a taxa de reprodutibilidade basal (R_0 , R_1 e R_2), isso demonstra que o número de pessoas infectados por um único indivíduo se modificou ao passo que a epidemia foi avançando e que inicialmente (R_0) um indivíduo transmitia a doença para um número X de pessoas e depois passou a transmitir para um número maior de pessoas (R_1 e R_2). A simulação da evolução da doença representada na figura (5 e 6) foi realizada a partir de dados reais colhidos em 100 dias após o caso 47.

Fig. 7: Ajuste de curvas para o número de casos acumulados do Covid-19 da Cidade de Timon.



Fonte: Dados da pesquisa, 2021

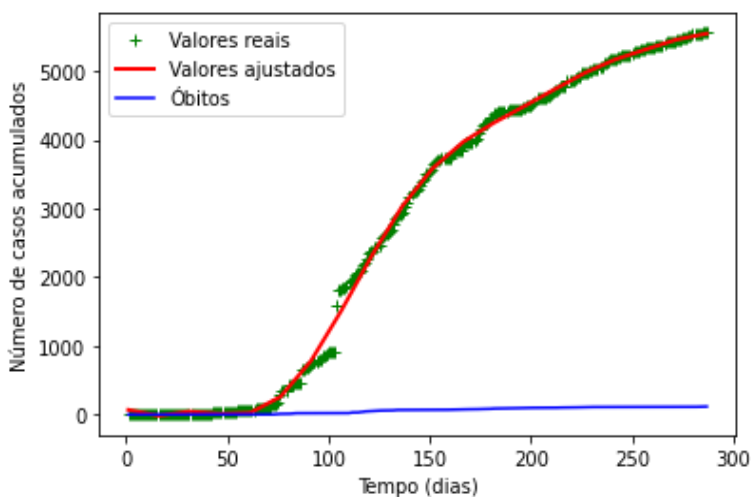
Fig. 8: Simulação do número de casos acumulados do Covid-19 da Cidade de Timon.



Fonte: Dados da pesquisa, 2021

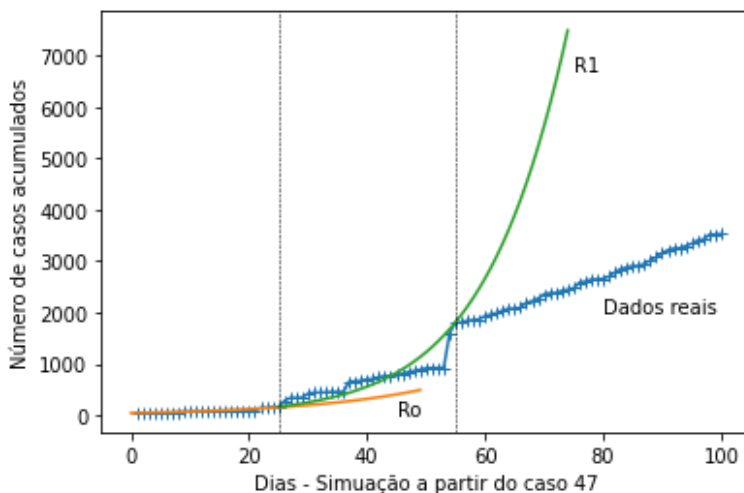
As figuras (7 e 8) demonstram a evolução de Covid-19 na Cidade de Timon, a contar do caso 43. Foram utilizados dois valores para a taxa de reprodutibilidade basal (R_0 e R_1), assim, demonstrando que a quantidade inicial de pessoas infectadas por um único indivíduo sofreu acréscimo. A estimativa dos valores da simulação foi feita a partir de dados reais coletados em 100 dias após o caso 43.

Fig. 9: Ajuste de curvas para o número de casos acumulados do Covid-19 da Cidade de Caxias.



Fonte: Dados da pesquisa, 2021

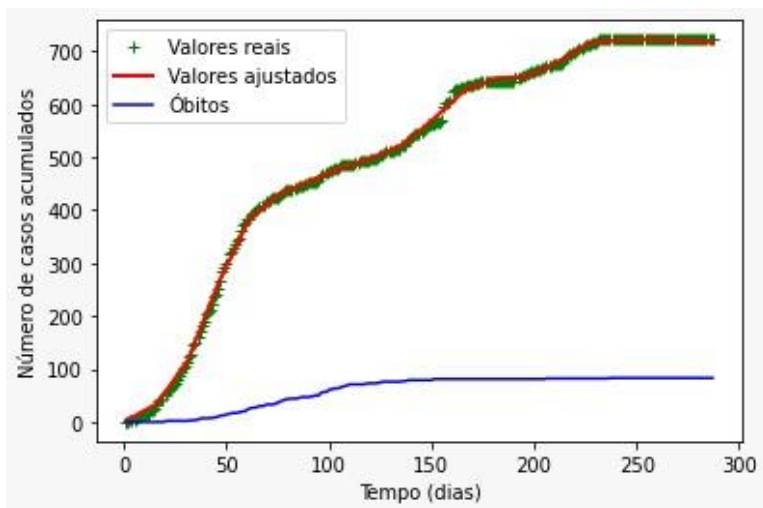
Fig. 10: Simulação do número de casos acumulados do Covid-19 da Cidade de Caxias,



Fonte: Dados da pesquisa, 2021

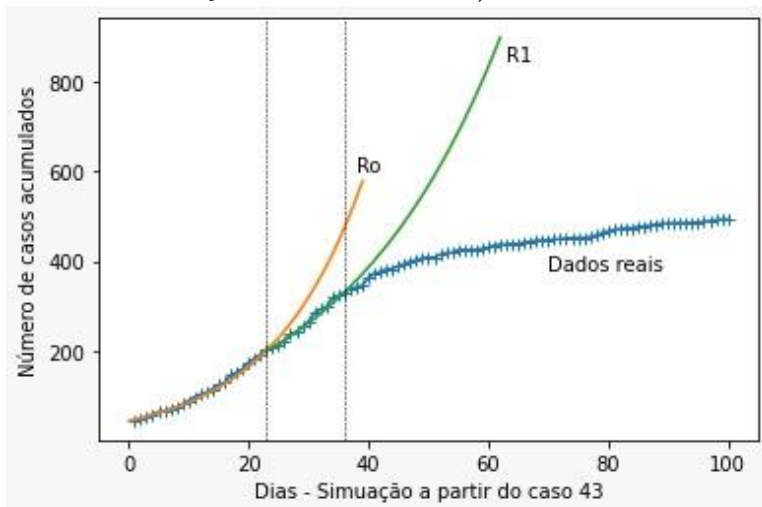
O crescimento de Covid-19 na Cidade de Caxias, como mostra as figuras (9 e 10) foi simulado ao contar do caso 47 e a taxa de reprodutibilidade basal apresentou dois valores (R_0 e R_1), similar ao que ocorreu na Cidade de Imperatriz. No entanto, o valor de R_1 sofreu acréscimo no número de pessoas infectadas por um único indivíduo quando comparado o valor de R_0 . A estimativa dos valores da simulação foi feita a partir de dados reais coletados em 100 dias após o caso 47.

Fig. 11: Ajuste de curvas para o número de casos acumulados do Covid-19 da Cidade de Paço do Lumiar.



Fonte: Dados da pesquisa, 2021

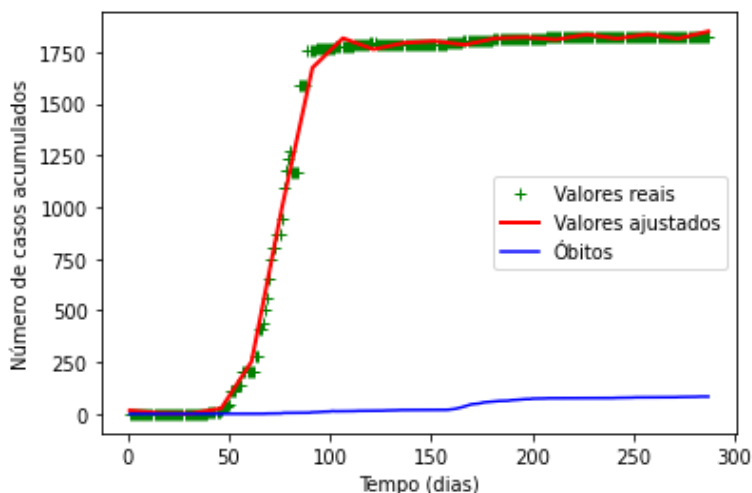
Fig. 12: Simulação do número de casos acumulados do Covid-19 da Cidade de Paço do Lumiar.



Fonte: Dados da pesquisa, 2021

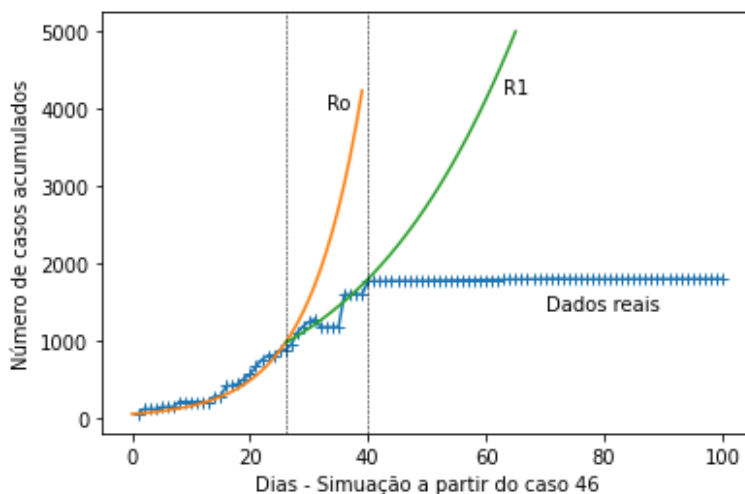
Como mostra as figuras (11 e 12) a simulação da evolução de Covid-19 na Cidade de Paço do Lumiar, foi realizada ao contar do caso 43. Foram utilizados dois valores para a taxa de reprodutibilidade basal (R_0 e R_1), assim, demonstrando que a quantidade inicial de pessoas infectadas por um único indivíduo sofreu acréscimo. A estimativa dos valores da simulação foi feita a partir de dados reais coletados em 100 dias após o caso 43.

Fig. 13: Ajuste de curvas para o número de casos acumulados do Covid-19 da Cidade de Codó.



Fonte: Dados da pesquisa, 2021

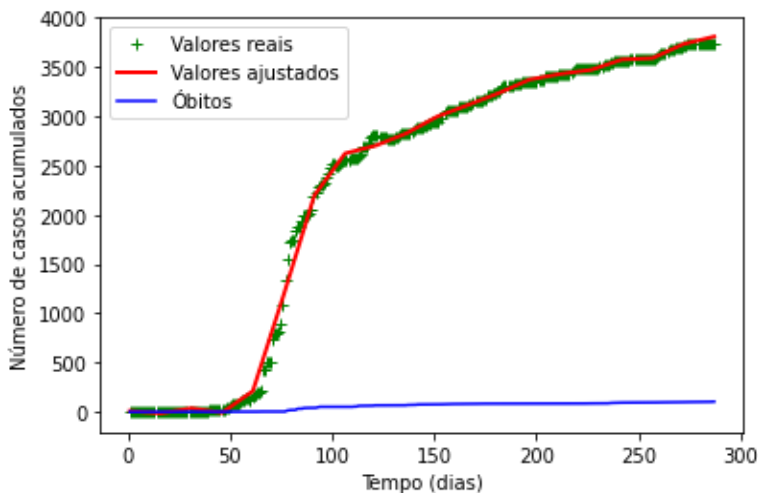
Fig. 14: Simulação do número de casos acumulados do Covid-19 da Cidade de Codó



Fonte: Dados da pesquisa, 2021

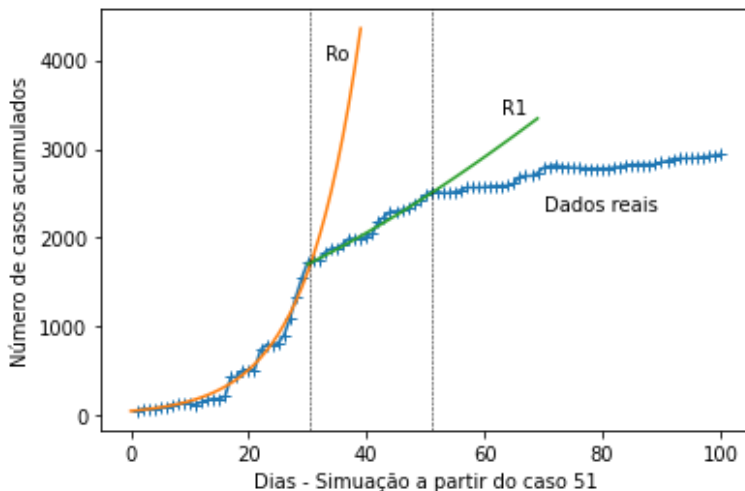
Para a demonstração da evolução de Covid-19 na Cidade de Codó, mostrada nas figuras (13 e 14) a simulação foi realizada a contar do caso 46. Apresentando dois valores para a taxa de reprodutibilidade basal (R_0 a R_1), havendo a variação para mais nos valores estimados de pessoas infectadas por um único indivíduo, coletados a partir de dados reais em 100 dias após o caso 46.

Fig. 15: Ajuste de curvas para o número de casos acumulados do Covid-19 da Cidade de Açailândia



Fonte: Dados da pesquisa, 2021

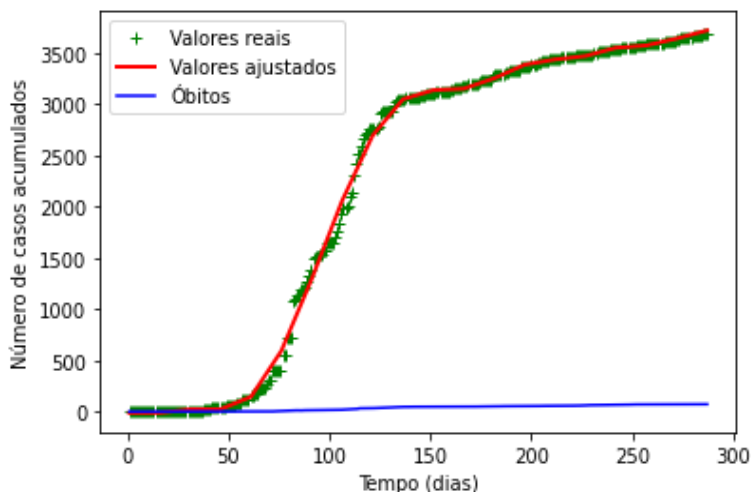
Fig. 16: Simulação do número de casos acumulados do Covid-19 da Cidade de Açailândia



Fonte: Dados da pesquisa, 2021

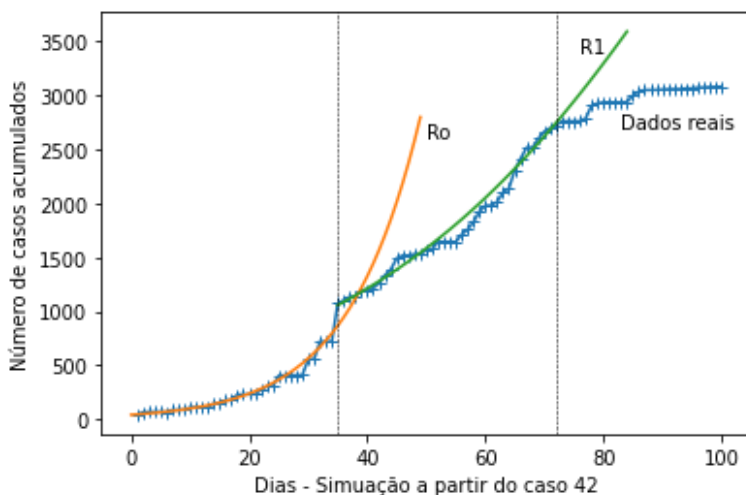
O crescimento de Covid-19 na Cidade de Açailândia, como mostra as figuras (15 e 16) foi simulado ao contar do caso 51 e a taxa de reprodutibilidade basal apresentou dois valores (R_0 e R_1), similar ao que ocorreu nas cidades de Imperatriz e Caxias. No entanto, o valor de R_1 sofreu decréscimo no número de pessoas infectadas por um único indivíduo quando comparado o valor de R_0 . A estimativa dos valores da simulação foi feita a partir de dados reais coletados em 100 dias após o caso 51.

Fig. 17: Ajuste de curvas para o número de casos acumulados do Covid-19 da Cidade de Bacabal



Fonte: Dados da pesquisa, 2021

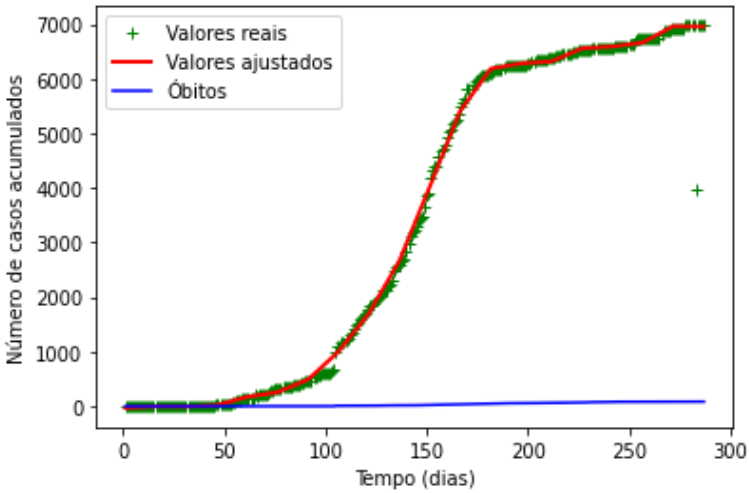
Fig. 18: Simulação do número de casos acumulados do Covid-19 da Cidade de Bacabal



Fonte: Dados da pesquisa, 2021

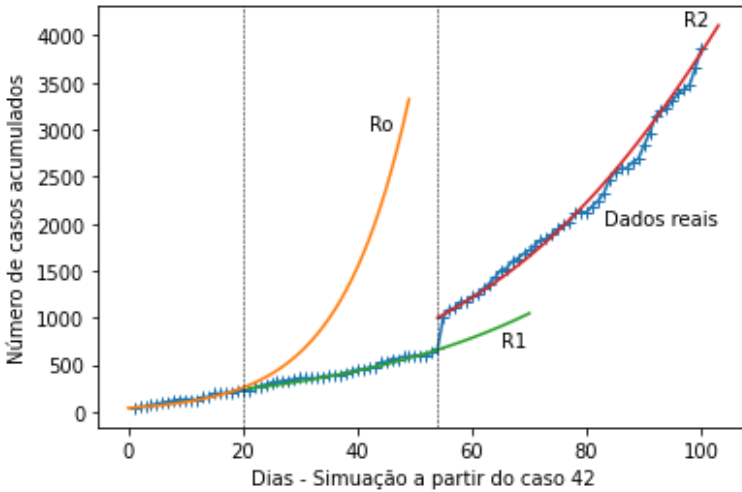
Para a demonstração da evolução de Covid-19 na Cidade de Bacabal, mostrada nas figuras (17 e 18) a simulação foi realizada a contar do caso 42. Apresentando dois valores para a taxa de reprodutibilidade basal (R_0 a R_1), o que significa que ocorreu a variação para mais nos valores estimados de pessoas infectadas por um único indivíduo. A simulação foi realizada a partir de dados reais em 100 dias após o caso 42.

Fig. 19: Ajuste de curvas para o número de casos acumulados do Covid-19 da Cidade de Balsas



Fonte: Dados da pesquisa, 2021

Fig. 20: Simulação do número de casos acumulados de casos acumulados do Covid-19 da Cidade de Balsas.



Fonte: Dados da pesquisa, 2021

Para a Cidade de Balsas a simulação do desenvolvimento de Covid-19 foi realizada a contar do caso 42. Apresentando três valores para a taxa de reprodutibilidade basal (R_0 , R_1 e R_2), onde o valor de R_0 para R_1 sofreu acréscimo de R_1 para R_2 acréscimo no número de pessoas infectadas por um único indivíduo. A simulação da evolução da doença representada na figura (19 e 20) foi realizada a partir de dados reais colhidos em 100 dias após o caso 42.

Nos gráficos foi visto como a reprodutibilidade basal (R_0) representa uma das variáveis mais importantes definidas na epidemiologia, associada com epidemias como a do Covid-19. Esta serviu como uma medida da intensidade de transmissão da doença por um único indivíduo infectado. Assim, mostrando os pontos em que a epidemia teve avanços, e de que forma e medidas de distanciamento social interferiram na curva de crescimento da doença. Ao mesmo tempo, o modelo matemático comportamental SIR, apresentou grande relevância para o entendimento dos mecanismos da evolução da epidemia no Estado Maranhense. Conforme explicado no trabalho de (GOMES et al., 2020) vários trabalhos encontrados na literatura recente sobre modelos matemáticos comportamentais, empregados na modelagem de epidemias, fazem o uso do SIR.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As principais conclusões extraídas desse trabalho, foi mostrar que o modelo matemático comportamental SIR de forma simplificada pode reproduzir de maneira eficiente a dinâmica evolutiva da pandemia de Covid-19 com resultados precisos de acordo com os dados reais.

Além do mais, a reprodutibilidade basal vista como uma das principais variáveis na epidemiologia, definida a partir de dois parâmetros: β e γ ($R_0 = \beta/\gamma$) é fundamental para medir a transmissão de uma doença infecciosa. Esse parâmetro mostrou, que a medida que a pandemia evoluiu nos municípios pesquisados a reprodutibilidade basal diminuía em certos municípios estudados, o que significa que a quantidade de pessoas infectadas por um único indivíduo tiveram decrescemos ao longo da pandemia.

Ademais, algumas cidades tiveram maior taxa de transmissão da doença no período inicial da pandemia, ao passo que, outras apresentaram taxa de transmissão mais acentuada à medida que a pandemia foi evoluindo.

REFERÊNCIAS

CRISTOVÃO, B. R. **Modelo SIR**: Uma aplicação à hepatite A, São Paulo. 2015. Trabalho de conclusão de Curso (Bacharel em Matemática Aplicada e Computacional) – Instituto de Matemática de Estatística, Universidade de São Paulo-USP, São Paulo, 2015. p. 1- 45. Disponível em: <https://www.ime.usp.br>.

ENCONTRO REGIONAL DE MATEMÁTICA APLICADA E COMPUTACIONAL DO RIO GRANDE DO SUL. 10., 2020, Rio Grande do Sul. **Anais eletrônicos** [...]. Rio Grande do Sul: COVID-19 no RS: uma análise da influência do número de reprodução diária, 2020. Disponível em: <http://editora.pucrs.br>.

GOMES, P. C. S et al. Modelagem dinâmica do COVID-19 com aplicação a algumas cidades brasileiras. **Revista Thema**. Rio Grande do Sul, v. 18, especial, p. 1-25, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.15536/thema.V18.Especial.2020.1-25.1793>.

MELO, C. G et al. Projeção de casos acumulados de COVID-19 no Nordeste Brasileiro: um estudo de modelagem com base na função de Boltzmann. **Revista Cadernos de Saúde Pública**. Rio de Janeiro, v. 36, p. 1-12, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00105720>.

MESQUITA, C. G. E et al. APLICAÇÃO DO MODELO SIR À COVID-19: distanciamento social e (des)evolução da pandemia no Tocantins. **Revista observatório**. Palmas, v. 36, p. 1-26, 2020. Disponível em: DOI:<http://dx.doi.org/10.20873/uft.2447-4266.2020v6n3a16en>.

OLIVEIRA, H. M. **Análise do modelo SIR**: Comportamentos da curva de infectados em relação à inclusão de novas semanas epidemiológicas, São Paulo. 2018. Trabalho de conclusão de Curso (Bacharelado em Matemática Aplicada e Computacional) – Instituto de Matemática e Estatística, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. p. 1-25. Disponível em: <http://marotona.ime.usp.br>.

QUINTAS, B. T. **Métodos para estimação de parâmetros em um modelo SIR**, São Paulo. 2019. Tese (Bacharel em Matemática Aplicada Computacional) – Instituto de Matemática e Estatística, Universidade de São Paulo, 2019. p. 1-24.

SÁNCHEZ, B. D. A et al. Estabilidade de equilíbrio em modelo SIR epidemiológico com taxa de infecção dependente da recuperação.

Revista TEMA. São Carlos – Curitiba, v. 21, n. 3, p. 1-12, 2020.

Disponível

em:

www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2179-84512020000300409&lng=en&nrm=iso.

SCILAB,

Disponível

em:

Bhttps://help.scilab.org/docs/5.3.3/pt_BR/index.html. Acessado em 20 de março de 2021.

SCILAB,

Disponível

em:

https://www.ime.unicamp.br/~encpos/VIII_EnCPos/Apostila_Scila_b.pdf. Acessado em 21 de março de 2021.

Motta, P.S.P., Introdução ao Scilab, versão 3.0, 2004.

Danusio Gadelha Filho. Scilab 5.x. Disponível em: <<http://euler.mat.ufrgs.br/~giacomo/Manuaissoftw/SCILAB/Apostila%20de%20Scilab%20-%20atualizada.pdf>>. Data de acesso: 21 de março de 2021.

