

Organizadores:

Maria Raimunda Chagas Silva

Rita de Cassia Mendonça de Miranda

Eduardo Henrique Costa Rodrigues

Darlan Ferreira da Silva

2023

VOL 2

INDICADORES DE QUALIDADE

AMBIENTAL

uma perspectiva a partir da zona de transição Amazônia-Cerrado

Série: Mestrado em Meio Ambiente

Maria Raimunda Chagas Silva
Rita de Cassia Mendonça de Miranda
Eduardo Henrique Costa Rodrigues
Darlan Ferreira da Silva
(Organizadores)

**INDICADORES DE
QUALIDADE AMBIENTAL**
UMA PERSPECTIVA A PARTIR DA ZONA DE TRANSIÇÃO
AMAZÔNICA-CERRADO

SÉRIE: MESTRADO EM MEIO AMBIENTE VOLUME 2

EDITORA PASCAL

2023

2023 - Copyright© da Editora Pascal

Editor Chefe: Prof. Dr. Patrício Moreira de Araújo Filho

Edição e Diagramação: Eduardo Mendonça Pinheiro

Edição de Arte: Marcos Clyver dos Santos Oliveira

Bibliotecária: Rayssa Cristhália Viana da Silva – CRB-13/904

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Dr. Will Ribamar Mendes Almeida

Dr. Elmo de Sena Ferreira Junior

Dr. Fabio Antonio da Silva Arruda

Dr^a. Sinara de Fátima Freire dos Santos

Dr. Raimundo Luna Neres

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S586c

Coletânea Indicadores de Qualidade Ambiental: uma perspectiva a partir da Zona de Transição Amazônica-Cerrado / Maria Raimunda Chagas Silva, Rita de Cassia Mendonça de Miranda, Eduardo Henrique Costa Rodrigues e Darlan Ferreira da Silva (Org). São Luís - Editora Pascal, 2023.

207 f. : il.: (Indicadores de Qualidade Ambiental; v. 2)

Formato: PDF

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN: 978-65-6068-016-6

D.O.I.: 10.29327/5329123

1. Indicadores. 2. Qualidade. 3. Ambiental. 4. Amazônia. 5. Cerrado. I. Silva, Maria Raimunda Chagas. II. Miranda, Rita de Cassia Mendonça de. III. Rodrigues, Eduardo Henrique Costa. IV. Silva, Darlan Ferreira da. V. Título

CDU: 502/504

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

2023

www.editorapascal.com.br

APRESENTAÇÃO

Diante dos desafios contemporâneos no que se refere a problemática ambiental ou, melhor, da problemática socioambiental, publica-se a presente obra intitulada “Indicadores de qualidade ambiental: uma perspectiva a partir da zona de transição amazônica-cerrado”, da série editorial Pesquisa Meio Ambiente, volume 2, da editora Pascal, organizado pelas professoras e pelos professores Dra. Maria Raimunda Chagas Silva, Dra. Rita de Cassia Mendonça de Miranda, Dr. Eduardo Henrique Costa Rodrigues e Dr. Darlan Ferreira da Silva.

Trata-se de um livro organizado que congrega 15 capítulos oriundos de referenciais teóricos dos projetos de trabalho de final de curso - graduação, mestrado e doutorado -, de discentes sob a orientação de docentes, entre os quais do Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente, além de outros programas da UniCeuma e de outras instituições de ensino superior.

Cabe ressaltar que a problemática socioambiental suscita a não dissociação do homem e natureza. A pandemia de Covid-19 exemplifica tal afirmação, diante que o argumento científico mais plausível de sua origem está associada a redução de ambientes naturais que vivem espécies animais silvestres. O que fez com que elas se aproximassem de aglomerados humanos, inclusive, levando-as a compor o cardápio alimentar humano.

Da mesma forma, o conjunto de capítulos, ainda que cada um trate de uma particularidade própria, traz uma contribuição que ilustra a conectividade entre dinâmicas sociais e ambientais, o que remete a denominação socioambiental. Trata-se de uma dinâmica única.

Não me alongando mais, pois o protagonismo é dos autores, convido aos leitores a percorrem as páginas desta obra para melhor conhecê-la.

Prof. Dr. Carlos Alberto Cioce Sampaio

Professor do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional/FURB

Professor Visitante do Instituto de Estudos Avançados (IEA) da Universidade de São Paulo (USP).

Pesquisador/CNPq

Coordenador da Área de Ciências Ambientais (CACiAmb) e Membro do Conselho Técnico Científico da Educação Superior (CTC-ES)/CAPES

ORGANIZADORES

Maria Raimunda Chagas Silva

Possui graduação em Química Industrial pela Universidade Federal do Maranhão (1999), Formação pedagógica, Licenciatura em Química pela Instituto de Ensino Superior Franciscano (2017), Especialização Educação Ambiental e Recursos Hídrico pela EESC-CRHEA/USP (2001) mestrado em Química (Química Analítica) pela Universidade de São Paulo (2002) e doutorado em Química Analítica pelo Instituto de Química de São Carlos (2006). Works Mission- Pós- Doutorado: Projeto Desenvolvido no Departamento de Solo Qualitativo, Wageningen University Holanda (2010). Desenvolve de Projeto de Pesquisa e atualmente consultora ADHOC na FAPEMA e CNPQ e Avaliadora da revista CERES e Revista Ciências Exatas e Naturais e RENEFARA. Atualmente é Professora e Pesquisadora (Mestrado Meio Ambiente da Universidade Ceuma) e os Cursos de Engenharia Ambiental e Cível Produção, Farmácia, Nutrição, Biomedicina. Medicina (linha de pesquisa: gestão ambiental e Política e Saúde e Meio Ambiente) . Tem experiência na área de Química, com ênfase em Análise de Metais - Traços e Química Ambiental e identificação microbiológicas e parasitas em areia e água na zona costeiras, atuando principalmente nos seguintes temas: Água potável, águas subterrâneas, microbiologia do solo e água , efluente , alimentos, bromatologia, resíduos sólidos e sedimentos, herbicidas , solo, educação ambiental e bacias hidrográficas.

Rita de Cassia Mendonça de Miranda

Possui graduação em Ciências Biológicas pela Faculdade de Frassinetti do Recife (1997) especialização em biotecnologia pela UNIMONTES e mestrado em Biotecnologia de Produtos Bioativos pela Universidade Federal de Pernambuco (2001). Doutora em Biologia de Fungos pela UFPE. Tem experiência na área de microbiologia, com ênfase em Biotecnologia. Atuou no ensino básico no Colégio de Aplicação da UFPE, ministrando ciências e biologia para ensino fundamental e médio, bem como no ensino de graduação e pós graduação onde ministrou as disciplinas de microbiologia básica, microbiologia ambiental e prevenção e controle da poluição atmosférica. Realizou o pós doutoramento como bolsista do programa PNPD na Universidade Federal de Sergipe vinculada ao mestrado de Ciências e Tecnologia de Alimentos, onde atuou na investigação de compostos de aroma em frutos tropicais e produção de pigmentos e compostos de aroma por via biotecnológica, além de ministrar disciplina no programa de Pós Graduação em Ciências e Tecnologia de Alimentos e no Instituto Tecnologia e Pesquisa (ITP), da Universidade Tiradentes desenvolvendo projetos na área de Biotecnologia e Bioprocessos. Atualmente é professora da Universidade Ceuma, vinculada aos programas de mestrado em Meio Ambiente e Biologia Microbaana como docente permanente, além de atuar nos cursos de graduação em Engenharia Ambiental, Fisioterapia, Nutrição, Biomedicina, Medicina e Enfermagem. Pertence ao quadro de professores permanente do Doutorado em Rede de Biodiversidade e Bioecologia da Amazônia Legal atuando com pesquisas na área de Biorremediação, Tratamento de Resíduo e Investigação de Compostos Bioativos.

Eduardo Henrique Costa Rodrigues

Possui graduação em Oceanografia (2012) e mestrado em Sustentabilidade de Ecossistemas pela Universidade Federal do Maranhão (2014) e doutorado em Ciências Ambientais pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2019). Atualmente é professor da Universidade Ceuma (Graduação em Eng. Ambiental e Gestão Ambiental) e do PPG em Meio Ambiente. É pesquisador no Laboratório de Limnologia do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo - USP. Atualmente desenvolve pesquisa com poluição plástica em sistemas aquáticos (continentais e costeiros). Tem experiência na área de Ecologia, com ênfase em Ecologia de Ecossistemas, atuando principalmente nos seguintes temas: gestão ambiental e de bacias, poluição e qualidade da água, eutrofização, fitoplâncton e bioindicadores de qualidade ambiental.

Darlan Ferreira da Silva

Doutor em Química Analítica pela Universidade de São Paulo - IQSC/USP (2016). Mestre em Química Analítica pela Universidade Federal do Maranhão UFMA (2010). Graduado em Licenciatura em Química pela Universidade Estadual do Maranhão - UEMA (2008). Durante o mestrado desenvolveu pesquisa na área de Química Analítica, estudando a contaminação por inseticidas organofosforados em grãos de arroz por meio de técnicas cromatográficas (HS-SPME-GC/MS) na Universidade Federal do Maranhão e eletroanalíticas empregando biossensores amperométricos na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (IQ/UNESP). Durante o doutorado adquiriu experiência na área química analítica ambiental, atuando nos seguintes temas: contaminação de solos, poluentes orgânicos persistentes (POPs, PCBs), métodos de extração em fase sólida (SPE, SPME), extração assistida por micro-ondas (MAE), cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), cromatografia gasosa (GC/MS), bioerbicidas, otimização de métodos (RSM). Tem experiência no Sistema de Gestão de Laboratório (NBR ISO/IEC 17025 e Boas Práticas de Laboratório) e no Sistema de Gestão Ambiental (NBR ISO 14001). Atualmente, trabalha com análise de fitoativos em resíduos orgânicos; bioadsorvente; análise de parâmetros físico-químicos de água, solo e sedimento; Processos Oxidativos Avançados (POA) utilizando análise estatística multivariada.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	14
DIAGNÓSTICO DA CARACTERIZAÇÃO DO SEDIMENTO EM MANGUEZAL NO POVOADO DE MOCAJITUBA, BRASIL	
Ana Clara de Almeida Mendes	
Valdemiro Freitas Neto	
Alessandra Mendes de Sales	
Maria Luiza da Silva Marques	
Luíza Catarina Percilio Barros	
Beneylton Gonçalo Silva Carvalho	
Ellen Maria Vieira Arruda Andrade	
Ronald da Silva de Jesus	
Pedro Germain Cavalcante Ramos	
Luís Cláudio Nascimento da Silva	
Maria Raimunda Chagas Silva	
d.o.i.: 10.29327/5329123.1-1	
CAPÍTULO 2.....	23
PARÂMEROS DE QUALIDADE DE AMBIENTES INTERIORES: UM PROBLEMA ATUAL	
Milena Fernanda Pereira Henrique	
Camila Vitória de Moraes Costa	
Carlos Victor Ferreira Ximendes	
Michelle Siqueira Mendes	
Nívia Silva Araújo	
Ana Gabryelle Vieira Oliveira	
Rayssa Ferreira Silva	
Sarah Vieira Guimarães	
Geovanna da Silva Pinho Belém	
Alexya Gonçalves Mota	
Paulo Cesar Mendes Villis	
Rita de Cássia Mendonça de Miranda	
d.o.i.: 10.29327/5329123.1-2	
CAPÍTULO 3.....	29
ATIVIDADES BIOLÓGICAS DE COMPOSOS PRODUZIDOS POR <i>Streptomyces</i> sp. ISOLADOS DO AMBIENTE	
Suelem dos Santos Amaral	
Danyelle Cristina Pereira Santos	
Sthephany Lima Pires	
Isabelle Alves de Almeida	

Alexya Gonçalves Mota
Barbara Lima de Almeida
Gessiane dos Santos de Souza
Domendes José Silva Machado
Fernanda Costa Rosa
Matheus Silva Alves
Amanda Silva dos Santos Aliança
Rita de Cássia Mendonça de Miranda

d.o.i.: [10.29327/5329123.1-3](https://doi.org/10.29327/5329123.1-3)

CAPÍTULO 442

AVALIAÇÃO DO SEDIMENTO DA PORÇÃO NORDESTE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TOCANTINS, BRASIL

Mikaelle Luzia Silva Dutra
Neuriane Silva Melo
Dalinajara Oyama Homma de Araujo
Airton Alves de Lima
Túlio da Silva Xavier
Ana Célia Ferraz
Marliete Carvalho da Costa
Fernanda Avelino Ferraz
Darlan Ferreira Silva
Maria Raimunda Chagas Silva

d.o.i.: [10.29327/5329123.1-4](https://doi.org/10.29327/5329123.1-4)

CAPÍTULO 5.....52

CARACTERIZAÇÃO DO SEDIMENTO DO MÉDIO MEARIM EM BACABAL E SÃO LUÍS GONZAGA NO ESTADO DO MARANHÃO, BRASIL

Érika Luana Lima Durans
Neuriane Silva Melo
Marylin Fonseca Leal de Farias Wetters
Gilmárcia Pinheiro Pereira
Paulo de Jesus Pereira Neto
Suzane Katy Rocha Oliveira
Dyegila Karolinne Costa da Silva
Anna Regina Lanner de Moura
Maycon Henrique Franzoi de Melo
Eduardo Henrique Costa Rodrigues
Maria Raimunda Chagas Silva

d.o.i.: [10.29327/5329123.1-5](https://doi.org/10.29327/5329123.1-5)

CAPÍTULO 6.....62

ESTUDO LIMNOLÓGICO DA BACIA DO BAIXO MEARIM, EM ARARI, COM ÊNFASE NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICA

Maria Raimunda Chagas Silva

Augusto Hipólito Chagas Freato

Paulo de Tarso Silva Barros

Edilson Santos Castro

Bruna Katarina Bezerra Paz

Jadenn Rubia Lima Costa

Adrielle Zagmignan

Alexsandro Ferreira dos Santos

Andrea de Souza Monteiro

Victor Elias Mouchrek Filho

d.o.i.: [10.29327/5329123.1-6](https://doi.org/10.29327/5329123.1-6)

CAPÍTULO 7.....75

AVALIAÇÃO DO PERFIL CLÍNICO-EPIDEMIOLÓGICO DE PACIENTES COM COINFECÇÃO DE HIV/TB NA REGIÃO NORDESTE

Laila Caroline de Medeiros Augusto

Bruna Isadora Nunes da Silva

Maria Beatriz Oliveira Menezes

Mariana de Castro Barroso de Carvalho

João Victor Dias Araújo

EriSlana Rodrigues Guimarães

Bernardo Duarte Arruda

Nayane Brito Leal de Matos

Leila Cristina Almeida de Sousa

Sidney Chaves da Silva

Tatiana Maria Barreto de Freitas

d.o.i.: [10.29327/5329123.1-7](https://doi.org/10.29327/5329123.1-7)

CAPÍTULO 887

NANOTECNOLOGIA COMO FERRAMENTA NA SÍNTESE DE NANOCOMPÓSITOS COM ATIVIDADE ANTIMICROBIANA: UMA REVISÃO INTEGRATIVA DE LITERATURA

Tatiana Maria Barreto de Freitas

EriSlana Rodrigues Guimarães

Davi Veloso Lima de Paula Sousa

Marcilene de Amorim Sandes

João Victor Dias de Araújo

Ana Letícia de Souza e Souza

Ana Carolina Almeida Brito

Paulo César Mendes Villis

d.o.i.: [10.29327/5329123.1-8](https://doi.org/10.29327/5329123.1-8)

CAPÍTULO 9.....98

IMPACTOS DA PANDEMIA DO COVID-19 NA PERCEPÇÃO E USO DE ÁREAS VERDES URBANAS EM SÃO LUÍS

Poliane Amorim do Vale

Nathalia Silva Castro

Paulo de Jesus Pereira Neto

Bento Vieira Sobrinho

Maria Claudia Gonçalves

Bruno Bavaresco Gambassi

Maycon Henrique Franzoi de Melo

d.o.i.: [10.29327/5329123.1-9](https://doi.org/10.29327/5329123.1-9)

CAPÍTULO 10.....107

EDUCAÇÃO AMBIENTAL:RELATOS DE EXPERIÊNCIAS CENTRO DE EXCELÊNCIA EM EDUCAÇÃO PADRE JOSIMO TAVARES EM BOM JESUS DAS SELVAS - MARANHÃO

Ednalda Santos

Tiã Rocha

Maria da Luz Estácio de Sousa

Daiara Mendes Veloso

Weslei Carvalho Batista

Helbert da Silva Rodrigues

Ana Caroline Ferreira Castanheiras

Paula de Lourdes Lauande Oliveira

Maria Raimunda Chagas Silva

Cristina Maria Douat Loyola

d.o.i.: [10.29327/5329123.1-10](https://doi.org/10.29327/5329123.1-10)

CAPÍTULO 11.....124

IMPORTÂNCIA DOS METABÓLITOS SECUNDÁRIOS PRODUZIDOS POR ACTINOBACTÉRIAS

Isabelle Alves de Almeida

Fernanda Costa Rosa

Alexya Gonçalves Mota

Barbara Lima de Almeida

Gessiane dos Santos de Souza

Domendes José Silva Machado

Amanda Silva dos Santos Aliança

Rita de Cássia Miranda de Mendonça

d.o.i.: [10.29327/5329123.1-11](https://doi.org/10.29327/5329123.1-11)

CAPÍTULO 12138

SAÚDE DA GESTANTE E POSIÇÃO CORPORAL NO AMBIENTE

Glicyelle Simões Sousa

Brígida Rodrigues da Costa

Émilly Rauani Chaves Gomes Diniz

Maria Luiza da Silva Marques

Alexsandro Ferreira dos Santos

Flor de Maria Araujo Mendonça Silva

José Haroldo Bandeira Sousa

Janaina Maiana Abreu Barbosa

Adriana Sousa Rêgo

d.o.i.: [10.29327/5329123.1-12](#)

CAPÍTULO 13146

PERCEPÇÃO AMBIENTAL SOBRE O SANEAMENTO BÁSICO E AS DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA EM BURITICUPU, PRÉ-AMAZÔNIA MARANHENSE

Barbara Cordeiro Silva

Milena Mária Silva Assunção

Flavia Melyssa Da Silva Rabelo

Maria Raimunda Chagas Silva

Chrystian Braga Carvalho

Érika Luana Lima Durans

Ronald da Silva de Jesus

Eduardo Henrique Costa Rodrigues

d.o.i.: [10.29327/5329123.1-13](#)

CAPÍTULO 14159

ESTUDO DE MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DO FÁRMACO DICLOFENACO DE SÓDIO EM AMOSTRAS DE ÁGUA

Nylvana Moreira Costa

Cleoner Uchôa Araujo

Rousiane Damasceno Evangelista

Rodrigo Bruno de Sousa Santos

Maria Aparecida Pinheiro Barros

Wallace Borges Pachêco

Maria Raimunda Chagas Silva

Darlan Ferreira da Silva

d.o.i.: [10.29327/5329123.1-14](#)

CAPÍTULO 15168

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TOCANTINS DOS MUNICÍPIOS DE IMPERATRIZ E SÃO PEDRO DA ÁGUA BRANCA, ATRAVÉS DA FERRAMENTA DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA-IQA

Neuriane Silva Melo

Alexsandro Sousa Martins

Rhamid Kalil Trabulsi

Neemias Muniz de Souza

Lauralice Ferreira Araújo

Fabio Henrique Ramos Braga

Dayana Dourado de Oliveira Costa

Fabrcio Brito Silva

Darlan Ferreira Silva

Maria Raimunda Chagas Silva

d.o.i.: [10.29327/5329123.1-15](https://doi.org/10.29327/5329123.1-15)

CAPÍTULO 16178

SAZONALIDADE E EPIDEMIOLOGIA DA INFECÇÃO POR ZIKAVIRUS NAS CAPITAIS DO BRASIL

Benedito Sabbak Thomé Júnior

Heiderson Cordeiro Nogueira

Emerson Frank Silva de Souza

Gilmárcia Pinheiro Pereira

Iris Maria Pereira Pacheco

Maria Claudia Gonçalves

Wolia Costa Gomes

Angela Falcai

d.o.i.: [10.29327/5329123.1-16](https://doi.org/10.29327/5329123.1-16)

CAPÍTULO 17186

O USO DA AVALIAÇÃO DE IMPACTO NA ANÁLISE DA EFETIVIDADE DA POLÍTICA PÚBLICA “MARANHÃO VERDE”

Verônica Duarte da Silva

Hellany Erika Costa Batista

Samyra Waquim Mascarenhas

Ronald da Silva de Jesus

Flávia Melyssa Da Silva Rabelo

Wellyson da Cunha Araújo Firmo

Marcio Aleandro Correia Teixeira

Eduardo Henrique Costa Rodrigues

Rita de Cássia Mendonça Miranda

Fabrcio Brito Silva

d.o.i.: [10.29327/5329123.1-17](https://doi.org/10.29327/5329123.1-17)

CAPÍTULO 18195
AVALIAÇÃO DO PROGRAMA “MAIS SANEAMENTO” NA CIDADE DE SÃO LUÍS: O IMPAC-
TO NO RANKING NACIONAL DE SANEAMENTO

Ronald da Silva de Jesus

Wallison de Souza Camara

Verônica Duarte da Silva

Flávia Melyssa Da Silva Rabelo

Maria Lucia Alvino

Joséda Fraga Costa Carvalho

Maria Raimunda Chagas Silva

Eduardo Henrique Costa Rodrigues

Paulo Cesar Mendes Villis

Fabício Brito Silva

d.o.i.: [10.29327/5329123.1-18](https://doi.org/10.29327/5329123.1-18)

1

DIAGNÓSTICO DA CARACTERIZAÇÃO DO SEDIMENTO EM MANGUEZAL NO POVOADO DE MOCAJITUBA, BRASIL

DIAGNOSIS OF MANGROVE SEDIMENT CHARACTERIZATION IN THE VILLAGE OF MOCAJITUBA, BRAZIL

Ana Clara de Almeida Mendes¹

Valdemiro Freitas Neto¹

Alessandra Mendes de Sales²

Maria Luiza da Silva Marques¹

Luíza Catarina Percilio Barros³

Beneylton Gonçalo Silva Carvalho³

Ellen Maria Vieira Arruda Andrade³

Ronald da Silva de Jesus²

Pedro Germain Cavalcante Ramos⁴

Luís Cláudio Nascimento da Silva⁵

Maria Raimunda Chagas Silva⁶

1 Medicina, Universidade Ceuma, São Luís-MA

2 Mestrando(a) em Meio Ambiente, Universidade Ceuma, São Luís-MA

3 Farmácia, Universidade Ceuma, São Luís-MA

4 Mestrando em Biologia Microbiana, Universidade Ceuma, São Luís-MA

5 Docente, PPG em Biologia Microbiana, Universidade Ceuma, São Luís-MA

6 Doutor em Química Analítica, Universidade Ceuma, São Luís-MA

Resumo

Os mangues são ecossistemas que ficam localizados em áreas de transição entre continentes e oceanos. Além disso, se localizam em latitudes tropicais e subtropicais que toleram condições de alta salinidade, solos anaeróbicos e altas temperaturas. A junção desses fatores cria um habitat ideal e com uma diversidade de espécies muito alta. Por conta da preocupação com a comunidade residente no povoado de Mocajituba em Paço do Lumiar – MA, que tem acesso direto com o sedimento dos manguezais daquela região, foi realizado um estudo da composição desse sedimento. O sedimento e a água do local servem de abrigo e berçário para essas espécies. Nesse estudo, foram encontrados valores consideráveis de nutrientes do sedimento (nitrito; nitrato; amônia; fosforo etc) e microbiológicos. Assim sendo, a pesquisa visa identificar as características físicas e químicas do sedimento, além de analisar a microbiologia do local, uma vez que o local em questão sofre de uma poluição advinda das comunidades ribeirinhas e outros tipos de infraestruturas, caindo sobre uma degradação importante. Dessa maneira, é desejado continuar o estudo para análises do sedimento com mais indicativos de poluição do local, para que chegue a uma conclusão mais solidificada.

Palavras- chave: sedimento, Mocajituba, caracterização.

Abstract

Mangroves are ecosystems located in transition areas between continents and oceans. In addition, they are located in tropical and subtropical latitudes that tolerate conditions of high salinity, anaerobic soils and high temperatures. The combination of these factors creates an ideal habitat with a very high diversity of species. Out of concern for the community living in the village of Mocajituba in Paço do Lumiar - MA, which has direct access to the sediment of the mangroves in that region, a study was carried out into the composition of this sediment. The sediment and water at the site serve as a shelter and nursery for these species. In this study, considerable values of sediment nutrients (nitrite; nitrate; ammonia; phosphorus, etc.) and microbiology were found. Therefore, the research aims to identify the physical and chemical characteristics of the sediment, in addition to analyzing the microbiology of the site, since the site in question suffers from pollution from riverside communities and other types of infrastructure, falling under significant degradation. It is therefore hoped to continue the study to analyze the sediment with more indications of pollution at the site, in order to reach a more solid conclusion.

Key-words: sediment, Mocajituba, characteristics.



1. INTRODUÇÃO

A região do Mangue na ilha de São Luís, composto por manguezais, é propício para a população da região, na utilização da moradia, pesca, extração de alguns mariscos e moluscos da região e bares como fonte de renda e subsistência. Os manguezais exercem funções primordiais como berçário de caranguejo, meio nutritivo, centro de multiplicações de espécies animais e vegetais e fonte de recursos para comunidades costeiras. Embora a extensão mundial dos manguezais seja pequena, cerca de 1,5% do total das florestas tropicais e subtropicais, seu papel ecológico é magnificado por ser um ecótono entre os sistemas marinhos e continentais, gerando diversos benefícios traduzidos por seus bens e serviços ambientais (ODUM; HEALD, 1975; LUGO *et al.*, 1990; FELLER *et al.*, 2002; ESPIG *et al.*, 2007; MOCHEL, 2011).

Manguezais são ecossistemas situados na área de transição entre o continente e o mar, em latitudes tropicais e subtropicais, que toleram condições de alta salinidade, solo anaeróbico e altas temperaturas. Esse ambiente origina habitats únicos com uma grande riqueza de espécies que habitam o local, com os sedimentos presentes nele servindo de abrigo e berçário para vários organismos (KATHIRESAN, 2001).

Os fatores físico-químicos dos sedimentos, bem como, a disposição biogeográfica, disponibilidade de plantas e animais para colonizar a área, refletem na estrutura do ecossistema. Por estarem cercados de sedimentos, são considerados locais que atraem comunidades ricas, como as bactérias, fungos, invertebrados e macroalgas (KATHIRESAN, 2001). Dentre as unidades geológicas da Ilha do Maranhão (formações Açuí, Barreiras e Itapecuru), a formação Barreiras é predominante no município de Paço do Lumiar (PEREIRA *et al.*, 2004). A litologia da formação Barreiras é constituída, a partir da base, por arenitos inconsolidados, vermelhos e amarelados, siltitos amarelados a ocre e argilitos caolínicos. Nos clásticos, há ocorrência de conglomerados de matações e blocos de arenito médio a grosso, quartzoso, ferruginizado. No topo, ocorrem areias brancas quartzosas (SOUSA, 2000; PEREIRA *et al.*, 2004). Já em relação ao solo, é predominante no município de Paço do Lumiar o tipo latossolo vermelho-amarelo (MARANHÃO, 1991).

Na Amazônia Costeira se estende a maior área contínua de manguezais do mundo, com cerca de 8.900 km², o litoral do estado do Maranhão, sozinho, compreende 50% do total dessa área (KJERFVE *et al.*, 2002). Pedrosa (1975) enfatiza a distribuição dos manguezais maranhenses, especificamente nas áreas de Tutóia, Araiões, Parnaíba, Amarração, a ilha de São Luís e toda a região das reentrâncias maranhenses desde Alcântara. A costa possui baixa pressão antrópica, caracterizando um litoral ainda selvagem, comparado ao resto da costa brasileira, onde se concentra boa parte da população do país.

O ecossistema é extremamente eficaz no sequestro de carbono, principalmente devido aos sedimentos, que abrigam diversas comunidades microbianas, responsáveis pela transformação da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes (REEF *et al.*, 2010; HOLGUIN *et al.*, 2001). O tempo de permanência do substrato no ecossistema, aliado às condições de anaerobiose, fazem com que o processo de decomposição ocorra de modo constante e lento, envolvendo variados processos biogeoquímicos que conduzem a ciclagem de nutrientes.

Baseado a uma estimativa atual, um grama de solo pode conter possivelmente até 10 bilhões de bactérias, 400-700 espécies diferentes e uma densidade de biomassa de 300-30.000 kg/hectare, (DUBEY; TRIPATHI; UPADHYAY, 2006). Em contrapartida a grande diversidade de bactérias existentes no solo e sedimentos estas contudo apresenta uma grande

capacidade de veicular genes de resistência já que elas desenvolveram mecanismos de transferência horizontal de genes (VON WINTERSDORFF *et al.*, 2016 e MUNIZ *et al.*, 2019).

O município de Paço do Lumiar é cercado de igarapés e rios (Paciência e Santo Antonio), cobertos em grande parte do seu percurso pelas águas das marés durante a preamar. Este fato favorece a presença de manguezais que servem como moldura para o espaço e como fonte de sustento para a comunidade. Estas características ambientais colaboram para que a região seja detentora de um dos mais belos atrativos naturais da grande São Luis.

Dentre aos distritos do município destaca-se: Iguaíba, Maioba de Mocajituba, Maioba de Cururuca, Maiobão, Mojó, Mercês, Pau Deitado, Pindoba, Pindaí, Timbuba, Rio Grande, Vila São José, Vila Cafeteira (RODRIGUES, 2007).

Os solos dos manguezais possuem uma coloração característica, cinza escuro, e um forte odor devido à presença de sulfeto de hidrogênio produzido pelas bactérias redutoras de enxofre, a porção superficial dos sedimentos, a qual é formada por diferentes tipos de areia e argila, tem como características principais a presença de poros que facilitam a percolação da água e aeração dos sedimentos durante a vazante da maré. Objetivo deste estudo foi determinar a caracterização físico e química do sedimento do manguezal no Povoado do Mocajituba em Paço do Lumiar- Maranhão, como indicador de qualidade ambiental e riscos à saúde humana.

2. METODOLOGIA

Localização e Caracterização da Área de Estudo

A área estudada do porto do Mocajituba está situada no município de Paço do Lumiar que está localizado no Golfão Maranhense, na porção norte da Ilha do Maranhão (Figura 1). O seu território corresponde a 122,828 km², com população de aproximadamente 105.121 habitantes.

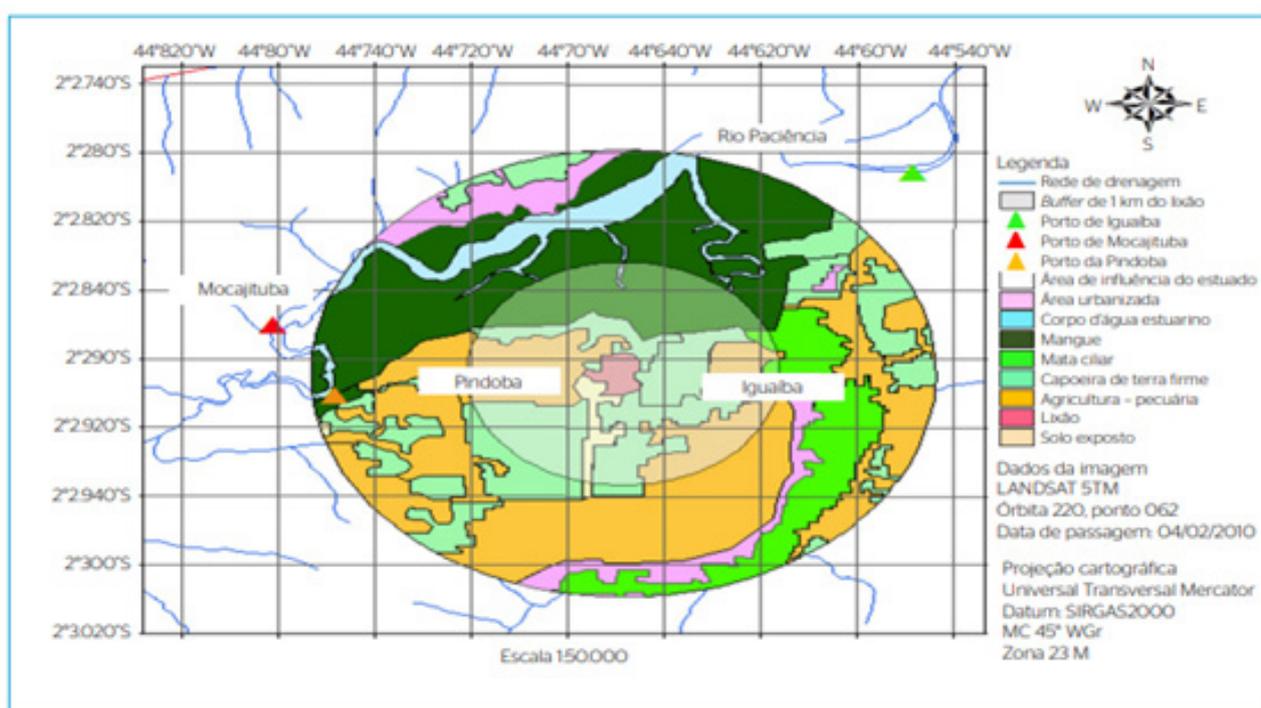


Figura 1. Mapa de localização do porto de Iguaíba e Mocajituba do município de Paço do Lumiar-MA. Fonte: Pinheiro *et al.* (2018).

A população que vive em meio urbano corresponde a 75% da população total e o município possui extensas áreas com natureza nativa ainda não ocupadas por atividades antrópicas, sendo um lugar com baixo desenvolvimento de infraestrutura, conservando um aspecto de cidade pequena do interior do Estado (IBGE, 2020).

Foram realizadas 3 coletas do sedimento no mangue da região do Mocajituba em 4 pontos, obedecendo o período chuvoso (abril) e seco (agosto e novembro) em 2022. Na Figura 2 estão os pontos de coleta representado por P1, P2, P3 e P4. Para realizar a análise das amostras, foi feita a análise física e química do sedimento. Além das análises de granulometria, carbono orgânico e de matérias orgânicas.



Figura 2. Registro dos pontos de coleta do sedimento do porto do Mocajituba, Fonte: Autores, 2022.

As amostras de sedimento foram coletadas nas áreas de remanso, locais com maior acúmulo de material, utilizando um amostrador tipo Core ou draga de Eckamn. Em seguida, as amostras foram armazenadas em sacos plásticos e acondicionadas em caixa isotérmica, e posteriormente, encaminhadas para o Laboratório de Ciências do Ambiente (LACAM) da Universidade Ceuma.

Para o procedimento da determinação dos nutrientes (Nitrato- NO_3 , Nitrito- NO_2 e Fósforo Total – PT, Cálcio e Magnésio) - pesando-se 1g dos sedimentos para cada nutriente, utilizando a mesma metodologia das análises da água fez-se a leitura no espectrofotômetro marca Hanna instrumets HI83200 Multiparameter Photometer (SILVA *et al.*, 2017; MUNIZ *et al.*, 2020).

Para a realização da matéria orgânica e carbono orgânico foi utilizada a técnica de incineração que consiste em pesar as amostras em cadinhos e observar os pesos antes

e depois de levar as amostras à mufla. Para matéria orgânica foram pesados 4 gramas e submetidos a 600°C por 3 horas, enquanto para carbono orgânico foram usadas 3 gramas da amostra a 500°C por 2 horas. Após a obtenção dos resultados foram realizados os respectivos cálculos (EMBRAPA, 2017).

Para a determinação da granulometria (areia, silte e argila a técnica empregada foi a de pipetagem descrita no Manual de métodos de análise de solo (SILVA *et al.*, 2020) e posteriormente calculada pela lei de Stokes.

Para a determinação de pH utilizou-se o método descrito pela Embrapa (2017), onde foram pesados 10 gramas de cada amostra e adicionado 50 ml de água destilada, depois de 1 hora em repouso foi feita a medição do pH com o pHgâmetro.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise físico-química permitiram uma interpretação da qualidade do sedimento do manguezal no povoado de Mocajituba, para isso foi considerado como comparação os valores limites estabelecidos na Resolução nº 375/05 do CONAMA. Os pontos de amostragem estão apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3, com parâmetros: potencial de hidrogênio (pH), nitrito (NO₂) nitrato (NO₃) fósforo total (PT), Mg⁺², Ca⁺², matéria orgânica (MO), carbono orgânico (CO), areia, argila e silte (granulometria, areia, silte e argila).

PARÂMETROS	CONAMA 375/05	P1	P2	P3	P4
pH	6 a 8	6,55	6,74	6,87	6,80
NO ₃ (mg L ⁻¹)	10 mg/L	5,4	12,4	4,0	6,0
NO ₂ (mg L ⁻¹)	1,0 mg/L	0,04	0,19	0,04	0,01
Ca (mg L ⁻¹)	> 30 mg/L	10	40	30	90
Mg (mg L ⁻¹)	> 30 mg/L	20	55	60	10
PT (mg L ⁻¹)	1,0 mg/L	4,30	0,80	4,00	0,70
Areia (%)		75,44	76,00	56,1	68,95
Silte (%)		19,9	22,44	39,4	27,40
M.O (%)		6,50	5,10	8,25	6,30
Argila (%)		4,66	1,56	4,50	3,65
C.O (%)		1,11	1,02	1,00	1,92

Tabela 1. Determinação dos parâmetros físico-químicas do sedimento do manguezal no povoado de Mocajituba em Paço do Lumiar no mês 22/04/2022. Fonte: dados da pesquisa (2022).

PARÂMETROS	CONAMA 375/05	P1	P2	P4
PH	6 a 8	5,62	6,88	7,85
NO ₃ (mg L ⁻¹)	10 mg/L	29,3	29,9	25,5
NO ₂ (mg L ⁻¹)	1,0 mg/L	0,70	0,48	0,28
Cá+ (mg L ⁻¹)	> 30 mg/L	12,0	45,0	35,0
Mg 2+ (mg L ⁻¹)	> 30 mg/L	25,0	61,0	62,0
PT (mg L ⁻¹)	1,0 mg/L	14,60	9,90	8,30
Areia (%)		72,37	68,69	55,23
Silte (%)		23,95	29,55	42,5
M.O. (%)		7,80	3,50	8,00
Argila (%)		3,68	1,76	2,27
C.O (%)		5,00	3,40	6,00

Tabela 2. Determinação dos parâmetros físico-químicas do sedimento do manguezal no povoado de Mocajituba em Paço do Lumiar no mês 02/08/2022. Fonte: dados da pesquisa (2022).

PARÂMETROS	CONAMA 375/05	P1	P2	P3	P4
PH	6 a 8	6,20	6,78	6,85	6,56
NO ₃ (mg L ⁻¹)	10 mg/L	17,3	18,5	8,23	9,89
NO ₂ (mg L ⁻¹)	1,0 mg/L	0,65	0,52	0,64	0,34
Cá+2 (mg L ⁻¹)	< 30 mg/L	11	42	31	56
Mg 2+ (mg L ⁻¹)	< 30 mg/L	23	58	56	37
PT (mg L ⁻¹)	1,0 mg/L	7,32	8,89	6,93	6,78
Areia (%)		71,91	70,65	68,5	69,69
Silte (%)		23,12	25,48	27,13	28,48
M.O. (%)		7,8	7,3	4,6	3,5
Argila (%)		4,97	3,87	4,37	1,83
C.O (%)		3,07	2,5	3,76	2,8

Tabela 3. Determinação dos parâmetros físico-químicas do sedimento do manguezal no povoado de Mocajituba em Paço do Lumiar no mês 10/11/2022. Fonte: dados da pesquisa (2022).

Os resultados encontrados para o pH variaram de 6,55 a 6,87 para o mês de abril, 5,62 a 7,85 no mês Agosto e de 6,20 a 6,85 no mês de novembro. Observa-se que em todos os meses os valores têm poucas alterações isso devido fluxo de maré do porto do Mocajituba. Os valores dentro do permitido pela CONAMA 357/05 é de 6 a 9 para corpos hídricos de classes 2, porém como observado por Lima *et al.* (2020), os valores de pH podem baixar em função do aumento no regime pluviométrico. No entanto a amostra analisada foi coletada no período chuvoso e seco, mas esse valor é justificado devido ao grande fluxo de banhista nessa época do ano.

Os valores encontrados para nitrato (NO₃) no mês de abril variaram entre 4,0 a 12,4 mg/L, em agosto os valores eram entre 25,5 e 29,9mg/L e no mês de novembro o nitrato variou de 8,23 até 17,3 mg/L. Os nitratos provenientes do sedimento de mangues chegam com mais rapidez aos corpos de água do que alguns outros nutrientes, como fósforo.

Para o nitrito teve grandes variações, no entanto, sempre abaixo do indicado pela Conama, no mês de abril o nitrito foi de 0,01 até 0,19 mg/L, em agosto foi de 0,28 até 0,70 mg/L e em novembro variou de 0,34 a 0,65 mg/L entre os pontos de coleta.

As concentrações de fósforo total encontrado tiveram variações entre 0,7 e 4,3 mg/L em abril, de 8,30 até 14,60 em agosto e em novembro variou de 6,78 a 8,89, mostrando que em todos os meses de coleta a quantidade de fósforo total (PT) estava em um valor maior que o permitido pela Conama 357/05. No entanto, esse valor elevado se deve ao fato que o fósforo total (PT) é considerado um elemento de baixa mobilidade no solo e seu comportamento é atribuído à sua fixação pelos minerais com a argila, logo é esperado uma quantidade eleva em locais como o Manguezal no povoado de Mocajituba.

Os valores das concentrações encontrados para Ca^{+2} e Mg^{+2} na maioria das amostras está de acordo com o estabelecido pela Conama ($>30\text{mg/L}$). Sobre os valores de cálcio (Ca^{+2}) em abril foi observado valores entre 10 a 90 mg/L, em agosto valores de 12 a 45 mg/L e em novembro de 11 até 56 mg/L. Sobre os valores de magnésio (Mg) em abril foi observado uma variação de 10 a 60 mg/L, em agosto variou de 25 a 62 mg/L e em novembro foi de 23 a 58 mg/L. Isso ocorreu porque os solos argilosos têm naturalmente uma quantidade maior de cálcio do que os solos arenosos e solos orgânicos recentemente drenados.

A análise granulométrica nos períodos avaliados mostrou porcentagens encontradas no período chuvoso na amostra de abril foram encontradas silte (19,9 a 39,4%), areia (56,1 a 76%) e argila (1,56 a 4,66%), respectivamente. No período seco as duas coletas, a primeira foi no mês de agosto quando foram observadas porcentagens de silte (23,95 a 42,5%), areia (55,23 a 72,37%) e argila (1,76 a 3,68%); no mês de novembro foi encontrado porcentagens de silte (23,12 a 28,48%), areia (68,5 a 71,91%) e argila (1,83 a 4,97%).

Os contaminantes ligados ao sedimento tendem a se acumular em pequenas partículas de granulação fina (silte e argila) e se depositar em áreas de deposição.

As porcentagens de matéria orgânica no período chuvoso, coleta de abril, variaram de 5,10 a 8,25%, enquanto no período seco, coletas de agosto e novembro, ficaram entre 3,5 e 8%. Devido ao baixo teor de matéria orgânica nos pontos analisados, esse sedimento é caracterizado como inorgânico, por possuir um valor menor que 10% do peso seco.

Os valores encontrados para o percentual de carbono orgânico tiveram variação de (1 a 1,11%) no período chuvoso, em abril e no período seco, e agosto, novembro variou entre (2,5 e 6%). Dados semelhantes dos estudos de Costa *et al.* (2017), entretanto, os resultados encontrados para matéria orgânica, pode-se considerar que o solo muito orgânico poque acima de 10% é orgânico, portanto, é típico de solo e argila de lama de área rica em nutrientes. Que ajuda os microrganismos proliferar com os nutrientes encontrados e que serve como fonte contaminantes, o que significa prejuízos a aquíferos subterrâneos. Verificamos também variação das partículas dos grãos, onde é a predominância característica do mangue, no qual é rico mais em argila do que em areia, sendo bem argilosos.

4. CONCLUSÃO

Em todos os pontos amostrais foram observados parâmetros segundo o que estabelece a legislação vigente (CONAMA 357/05), no entanto, houve parâmetros que demonstraram não conformidade com a legislação, como o pH.

O resultado encontrado nas amostras, através das análises supracitadas, foi de algumas alterações de valores dos nutrientes, mas, ao mesmo tempo, algumas manutenções dos mesmos mediante a poluição do ecossistema.

Se tratando dos sedimentos analisados, apresentaram características granulométricas e físico-químicas similares em todas as amostras. Demonstrando que sua composição está em 79,6% em média de areia, pode-se afirmar que ser um sedimento inorgânico. Os valores

expressivos de areia indicam pouca afinidade dos minerais pelo sedimento de fundo, podendo ser associada ao predomínio de matéria inorgânica e a acidez do corpo hídrico.

De acordo com os dados das amostras que foram analisadas no estudo, observou-se uma quantidade de substratos inorgânicos superior ao estabelecido pela CONAMA, nas amostras de sedimentos do Manguezal do povoado de Mocajituba. Recomenda-se que o trecho do porto do Mocajituba, que foi estudado seja devidamente monitorado, devido às atividades de pesca e lazer que são realizadas ao longo do rio, tem uma boa proteção da mata ciliar e mangues em toda a sua extensão e promover atividades educativas para comunidade locais.

Referências

- CASTRO, Taciana Melo de, et al. Aspectos Limnológicos e microbiológicos da água do médio curso do Rio Merim – Maranhão, Brasil. In: **Pesquisas Multidisciplinares em saúde**. Org. por Silva et al. Ed. CRV, Curitiba, 2019.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - **Resoluções Conama**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/CONAMA/res357/mar/2005.html>>. Acesso em: 11 agosto. 2020.
- COSTA, M.S; ROCHA Araújo; JESUS Martins; SOUSA da Silva; COSTA, H; MIRANDA, M.C.R. Isolamento de microrganismos de interesse biotecnológico oriundos de áreas contaminadas com agroquímico. **Rev. Investig, Bioméd**, 9:17-23, 2017.
- DUBEY, S. K.; TRIPATHI, A. K.; UPADHY, S.N. Exploration of soil bacterial communities for their potential as bioresource. **Bioresource technology**, v. 97, p. 2217- 2224, 2006.
- DUTRA, M.L.S.; SILVA, M.R.C.; SILVA, D.F. **Avaliação Físico-Química do Sedimento na Porção Nordeste da Bacia Hidrográfica do Rio Tocantins**. Trabalho de Conclusão de Curso, São Luís, 2020.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo** / Centro Nacional de Pesquisa de Solos.
- FEITOSA, A.C.; TROVÃO, J.R. (2006) **Atlas escolar do Maranhão: espaço geo-histórico e cultural**. João Pessoa: Grafiset.
- FREITAS, Marcos Alexandre de. **Hidrogeoquímica e isotopia de águas com alta salinidade do Sistema Aquífero Serra Geral a região do Alto Rio Uruguai, Brasil**. 2016.
- HONGYU, K. **Comparação do GGEbiplot ponderado e AMMI-ponderado com outros modelos de interação genótipo x ambiente**. 2015. 155p. Tese (Doutorado em Estatística e Experimentação Agronômica) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.
- HOSSAIN, M. D., NURUDDIN, A. A. (2015). Soil and Mangrove: A Review. **Journal of Environmental Science and Technology**. 9: 198-207. Acessado em 30/05/2020. Disponível em: <http://doi.org/10.3923/jest.2016.198.207>.
- KATHIRESAN, K. Biology of Mangroves. **Advanced Study in Marine Biology**. p. 125-145, 2001.
- KJERFVE B, PERILLO G.M.E., GARDNER L.R, RINE J.M., DIAS, G.T.M. & MOCHEL F.R. Morphodynamics of muddy environments along the Atlantic coasts of North and South America. In: **Muddy Coasts of the World: Processes, Deposits and Functions**. Amsterdam, HEALY TR, WANG Y & HEALY J-A (Ed.). Elsevier, N.Y., 479-532. 2002.
- MUNIZ, J. N., Duarte, K. G., Braga, F. H. R., Lima, N. S., Silva, D. F., Firmo, W. C., ... & Silva, M. R. C. (2020). Limnological Quality: Seasonality Assessment and Potential for Contamination of the Pindaré River Watershed, Pre-Amazon Region, Brazil. **Water**, 12(3), 851.
- PAÇO DO LUMIAR. (2006) **Plano diretor de Paço do Lumiar**. Paço do Lumiar: Prefeitura de Paço do Lumiar.
- SASSI, H. P.; VAN OGTROP, F.; MORRISON, C. M.; ZHOU, K.; DUAN, J. G.; GERBA, C. P. Sediment re-suspension as a potential mechanism for viral and bacterial contaminants. **Journal of Environmental Science and Health, Part A**, v. 55, n. 12, p. 1398-1405, 2020.
- SILVA, M. R. C. et al. A. Qualidade da água da bacia do rio Pindaré, nos trechos correspondentes aos municípios de Pindaré-Mirim, Tufilândia e Alto Alegre no estado do Maranhão. **Revista Águas Subterrâneas**, v.31, n.4, p.347-354, 2017.

2

PARÂMEROS DE QUALIDADE DE AMBIENTES INTERIORES: UM PROBLEMA ATUAL

QUALITY PARAMETERS OF INTERIOR ENVIRONMENTS: A CURRENT PROBLEM

Milena Fernanda Pereira Henrique¹

Camila Vitória de Moraes Costa²

Carlos Victor Ferreira Ximendes²

Michelle Siqueira Mendes²

Nívia Silva Araújo²

Ana Gabryelle Vieira Oliveira³

Rayssa Ferreira Silva³

Sarah Vieira Guimarães⁴

Geovanna da Silva Pinho Belém⁴

Alexya Gonçalves Mota⁵

Paulo Cesar Mendes Villis⁶

Rita de Cássia Mendonça de Miranda⁷

1 Fisioterapeuta, Universidade Ceuma, São Luís-MA

2 Fisioterapia, Universidade Ceuma, São Luís-MA

3 Biomedicina, Universidade Ceuma, São Luís-MA

4 Enfermagem, Universidade Ceuma, São Luís-MA

5 Biomédica, Universidade Ceuma, São Luís-MA

6 Doutor em Química, Universidade Ceuma, São Luís-MA

7 Doutora em Biologia de Fungos, Universidade Ceuma, São Luís-MA

Resumo

Nos últimos anos, devido ao novo modelo de vida escolhida pelas sociedades, novas necessidades surgiram e com estas, um novo tipo de ambiente: interno, climatizado e controlado artificialmente nas residências e escritórios. Este conforto faz com que a população passe aproximadamente 80% do seu tempo em nesses ambientes, acarretando uma maior exposição por poluentes internos que externos. Dos poluentes destacam-se os microrganismos, principalmente os fungos que podem ter ação contaminante em ambientes fechados, por apresentarem fontes de nutrição como papéis, poeira e ar condicionado. Segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente, um poluente atmosférico é qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde; inconveniente ao bem-estar público; danoso aos materiais, à fauna e flora; e/ou prejudicial à segurança, ao uso da propriedade e às atividades normais da comunidade. De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), a situação na qual os ocupantes ou usuários de um prédio apresentam sintomas sem origem determinada e sem a possibilidade de constatação de uma determinada etiologia, sendo, portanto, desconhecida, é característica da Síndrome do Edifício Doente (SED). A má qualidade do ar interno está relacionada com a saúde dos ocupantes dos ambientes, devido à uma ventilação inadequada, ruído e liberação de gases tóxicos, os ambientes climatizados se tornam mais propícios para a proliferação de microrganismos patogênicos.

Palavras-chave: Poluição, ambientes climatizados, SED.

Abstract

In recent years, due to the new model of life chosen by societies, new needs have emerged and with these, a new type of environment: indoor, air-conditioned and artificially controlled in homes and offices. This comfort causes the population to spend approximately 80% of their time in these environments, resulting in greater exposure to internal pollutants than external ones. Of the pollutants, microorganisms stand out, especially fungi that can have a contaminating action in closed environments, as they have sources of nutrition such as paper, dust and air conditioning. According to the National Council for the Environment, an air pollutant is any form of matter or energy with intensity and quantity, concentration, time or characteristics that do not comply with established levels, and which make or may make the air inappropriate, harmful or offensive to the environment. health; inconvenience to the public welfare; harmful to materials, fauna and flora; and/or detrimental to safety, use of property and normal community activities. According to the World Health Organization (WHO), the situation in which the occupants or users of a building present symptoms with no determined origin and without the possibility of finding a certain etiology, being, therefore, unknown, is characteristic of Down syndrome. Sick Building (SED). The poor quality of indoor air is related to the health of the occupants of the environments, due to inadequate ventilation, noise and release of toxic gases, air-conditioned environments become more conducive to the proliferation of pathogenic microorganisms.

Keywords: Pollution, air-conditioned environments, DES.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, devido ao novo modelo de vida escolhida pelas sociedades, novas necessidades surgiram e com estas, um novo tipo de ambiente: interno, climatizado e controlado artificialmente nas residências e escritórios. (BOECHAT; RIOS, 2011). Este conforto faz com que a população passe aproximadamente 80% do seu tempo em nesses ambientes edifícios, acarretando uma maior exposição por poluentes internos que externos. (FERREIRA; CAMARGO, 2014). Dos poluentes destacam-se os microrganismos, principalmente os fungos que podem ter ação biocontaminante em ambientes fechados como bibliotecas (PANTOJA *et al.* 2012) por apresentarem fontes de nutrição como papéis, poeira e ar condicionado (PAIXÃO *et al.*, 2015).

A manutenção inadequada do ambiente pode torná-lo propício para o crescimento de microrganismos. Estes estão divididos em três grupos: fungos, bactérias e vírus. Estes organismos podem ser encontrados em vários ambientes, dentre eles o ar dos ambientes internos climatizados associados os vapores de água na forma de partículas (bioaerossóis) e uma vez não havendo controle adequado os microrganismos podem se multiplicar, aumentando a sua concentração, podendo ocasionar danos à saúde dos ocupantes do ambiente, devido à má qualidade do ar circulante.

Segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 1990) na resolução de nº 3, um poluente atmosférico é qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde; inconveniente ao bem-estar público; danoso aos materiais, à fauna e flora; e/ou prejudicial à segurança, ao uso da propriedade e às atividades normais da comunidade.

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), a situação na qual os ocupantes ou usuários de um prédio apresentam sintomas sem origem determinada e sem a possibilidade de constatação de uma determinada etiologia, sendo, portanto, desconhecida, é característica da Síndrome do Edifício Doente (SED). Vários fatores podem estar relacionados com a SED, entre eles pode-se destacar: ventilação inadequada, aerodispersóides e bioaerossóis. (SCHIMER *et al.*, 2008).

Dentre os parâmetros estudados, a qualidade microbiológica dos ambientes internos é um dos que mais preocupa. Por isso é importante avaliar os varios fatores que influenciam no crescimento microbiano em um determinado ambiente. Vários fatores influenciam a qualidade microbiológica do ar em ambientes fechados, destacando-se temperatura e umidade nos sistemas de ar condicionado. (SILVA, 2008). Ambientes com carpetes e climatizados, quando não há manutenção adequada são propícios para proliferação de agentes microbianos. (LIPPO, TOZZO, 2011). Umidade em excesso ocasiona o risco de aumento de microrganismos, assim como a temperatura muito baixa é propicia também para esse aumento microbiano.

O dióxido de carbono (CO₂) é um gás incolor, inodoro e naturalmente produzido a partir da respiração humana. A sua concentração em ambientes internos pode variar entre 700 e 2.000 ppm. Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, a concentração máxima de CO₂ em ambientes fechados deve ser até 1.000 ppm. Em altas concentrações, o gás pode ser asfíxiante e irritante do sistema respiratório. Porém para que ocorram danos graves à saúde humana, é necessário que a exposição seja a uma concentração extremamente alta. (QUADROS, 2008).



O ruído pode ser definido como uma mistura de vibrações de diferentes intensidades e frequências. A partir da década de 80, a OMS declarou o ruído como um problema de saúde pública, sendo um importante parâmetro para a saúde dos indivíduos que frequentam o local e de grande influência para determinação da qualidade do ar em ambientes internos. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), estipula pela NBR-10152 um intervalo de 35 a 45 dB como recomendável para ruídos em ambientes interiores. (NASCI-MENTO, 2011)

1.2 Parâmetros de Qualidade para Ambientes Interiores

Pelo novo estilo de vida e novas necessidades humanas, nos últimos 40 anos um novo ecossistema foi criado: ambiente interno, selado e climatizado. Alguns fatores podem afetar esse ambiente interior, tornando insalubre para seus frequentadores como plantas, tipo de mobília, sistemas de ventilação etc. (BOECHAT; RIOS, 2011).

Ambientes internos são áreas não industriais, como por exemplo, escolas, escritórios, habitações (SCHIRMER *et al.*, 2011). A preocupação e conhecimento acerca da Qualidade do Ar Interno (QAI), surgiu em meados da década de 70 devido escassez de energia nos países desenvolvidos, onde começaram a surgir os edifícios selados. Estudos relacionados a QAI são de suma importância para melhor qualidade de vida e propor um maior conforto para os ocupantes (SCHIRMER *et al.*, 2011).

Pesquisas desenvolvidas pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA), apontam que a concentração de poluentes pode chegar a ser até cinco vezes maiores em ambientes internos que externos (SCHIRMER *et al.*, 2011). Correlacionando com o fato de que o indivíduo passa, em média 80% do seu tempo em ambientes fechados, ocasionando maiores riscos à saúde humana nesses locais (FERREIRA; CAMARGO, 2014).

Segundo Schirmer *et al.* (2008), para que um edifício seja considerado doente, é necessário que pelo menos 20% de seus ocupantes apresentem sintomas relacionado com a síndrome dos edifícios doentes, sintomas estes como: irritação das mucosas, sintomas respiratórios e cutâneos e alterações dos sentidos, alergias e outros por no mínimo duas semanas, sendo que estes desaparecem quando o indivíduo se afasta do edifício. Portanto, a qualidade do ar ganha grande destaque nesse processo. Contudo, parâmetros como calor ou frio excessivos, umidade inadequada e ruídos interagem entre si contribuindo para o mal-estar dos indivíduos.

1.2.1 Temperatura e Umidade

Para Schirmer *et al.* 2009, a climatização artificial está cada vez mais frequente no dia a dia da população mundial, a fim de proporcionar um maior bem-estar em ambientes fechados. A qualidade do ar de um ambiente está diretamente relacionada ao conforto térmico dos ocupantes que, por sua vez, é determinado pelos sistemas de climatização. Desta forma, para se estimar as condições de conforto a que os ocupantes estão expostos, costuma-se monitorar a temperatura e umidade relativa do ar. A agência nacional de vigilância sanitária -ANVISA, estabelece padrões de qualidade do ar em sua Resolução nº 9/2003, onde diz que a temperatura deve variar de 23° a 26° graus Celsius e a umidade relativa do ar de 40% a 65% dentro de ambientes fechados de uso público e coletivo.

Os parâmetros temperatura e umidade são fatores fundamentais para multiplicação de agentes microbianos. Os fungos apresentam facilidade de se desenvolver em uma am-

pla faixa de temperatura, podendo variar de 15 a 60°C. Já as bactérias se proliferam no filtro dos sistemas de refrigeração, onde aproveitam a temperatura e umidade perfeita para seu desenvolvimento (STRAUZ, 2001).

1.2.2 Microrganismos

Os sistemas de climatização com manutenção precária tornam-se fontes de disseminação de microrganismos. (SCHIRMER *et al.*, 2011). Os bioaerossóis são micropartículas de poeira suspensas no ar ambiente propícias para crescimento e reprodução de fungos e bactérias e utiliza das fibras de papel, couro, madeiras e tecidos como fonte de nutrição (STRAUSZ, 2001).

Microrganismos presentes no ar interno costumam causar três tipos de doenças, segundo o EPA (1994): Infecções, que pode ser definida como a invasão de microrganismos nos tecidos do hospedeiro, como o resfriado e tuberculose; hipersensibilidade que pode ser caracterizada como a ativação exagerada do sistema imune frente a microrganismos considerados estranhos e toxicidade que pode ser causada pela exposição às toxinas produzidas por esses agentes (CARMO, PRADO, 1999).

1.2.3 Dióxido de Carbono

Quando se trata de ambientes fechados, costuma-se ter maior atenção acerca do conforto térmico, porém a concentração de contaminantes que muitas vezes passa despercebido é tão importante quanto, nesses locais a maior prevalência é a concentração de Dióxido de Carbono (CO₂) resultante do metabolismo da respiração humana. (SILVA *et al.*, 2014). O dióxido de carbono é um metabólico expelido naturalmente como subproduto da respiração humana. Além disso, o CO₂ também é gerado em processos de combustão e em veículos automotores. O dióxido de carbono é um asfixiante, que também pode atuar como irritante no sistema respiratório, porém é necessária exposição a concentrações extremamente altas para que ocorram danos à saúde humana. A ANVISA estabelece em sua Resolução N° 9 que o dióxido de carbono tem seu valor máximo de concentração de até 1000 ppm (partes por milhão) externo, que é o recomendado para conforto e bem-estar (QUADROS *et al.*, 2009).

A concentração de CO₂ em locais com ventilação inadequadas, pode ultrapassar o nível de 3.000 ppm, quando é observado apenas o metabolismo humano. (BATISTA, 2008). Para avaliar se a ventilação de um ambiente está inadequada mede-se a concentração de CO₂ que não pode estar acima de 1.000 ppm. (ITO, 2007). Pode-se encontrar em artigos de revisão de literatura, que a SED diminui quando o CO₂ chega a <800 ppm (SANGUESSUGA, 2012).

1.2.4 Ruído

Poluição sonora pode ser conceituada como a emissão de ruídos indesejáveis de forma contínua e em desrespeito aos níveis legais que, dentro de um determinado período de tempo, colocam em risco a saúde humana e o bem-estar da coletividade. Estes ruídos podem ser descritos como sinais acústicos aperiódicos, originados das superposições de vários movimentos de vibração com diferentes frequências, as quais não apresentam relação entre si (ANDRADE *et al.*, 2016).



O ruído não prejudica somente a audição, apesar deste efeito estar bem percebido e caracterizado. Estudos descritos na literatura, afirmam que o ruído acarreta alterações auditivas e extra- auditivas, tais como: distúrbios de sono, transtorno cardiovascular, estresse, fadiga, tensão psicológica, nervosismo, dificuldade no relacionamento social, tontura, irritabilidade, alterações no sistema nervoso, cardiovascular, pulmonar, metabólico e endócrino (OLIVEIRA *et al.*, 2015.).

A NBR 10.152 estabelece os parâmetros máximo para os níveis de ruído em ambientes internos, onde o valor permitido é de 40 a 50 decibéis medido em período diurno.

Referências

ENIZ, Alexandre; GARAVELLI, Sérgio Luiz. A contaminação acústica de ambientes escolares devido aos ruídos urbanos no Distrito Federal, Brasil. **Holos Environment**, v. 6, n. 2, p. 137-150, 2006.

ITO, L. X. **Monitoramento da qualidade do ar de ambientes internos-bibliotecas. 2007. 182 f.** 2007. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Engenharia Química)–Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/3850>.

MORAIS, Gilsimeire Rodrigues et al. Qualidade do ar interno em uma instituição de ensino superior brasileira. **Biosci J**, v. 26, n. 2, p. 305-10, 2010.

QUADROS, Marina. **Qualidade do ar em ambientes internos hospitalares: parâmetros físico-químicos e microbiológicos.** 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/91068/251940.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 05 abr. 2019

SILVA, Ângela Encarnação Sousa. **Síndrome do edifício doente.** 2017. Tese de Doutorado. Disponível em: <http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/30896/1/AngelaESSilva.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2019

DA SILVA, B. L. et al. Estudo da distribuição e evolução da concentração de dióxido de carbono em uma sala de aula. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 1, n. 2, p. 12600-12607, 2015.

STRAUSZ, Maria Cristina. **Análise de um acidente fúngico na biblioteca central de Manguinhos: um caso de síndrome do edifício doente. 2001. 79 p.** 2020. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Ciências da área de Saúde Pública)–Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/5442/2/850.pdf>. Acesso em: 06 abr. 2019

3

ATIVIDADES BIOLÓGICAS DE COMPOSOS PRODUZIDOS POR *Streptomyces* sp. ISOLADOS DO AMBIENTE

BIOLOGICAL ACTIVITIES OF COMPOUNDS PRODUCED BY Streptomyces sp. ISOLATED FROM THE ENVIRONMENT

Suelem dos Santos Amaral¹

Danyelle Cristina Pereira Santos²

Sthephany Lima Pires³

Isabelle Alves de Almeida³

Alexya Gonçalves Mota³

Barbara Lima de Almeida³

Gessiane dos Santos de Souza⁴

Domendes José Silva Machado⁴

Fernanda Costa Rosa⁵

Matheus Silva Alves⁶

Amanda Silva dos Santos Aliança⁷

Rita de Cássia Mendonça de Miranda⁸

-
- 1 Farmacêutica, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 2 Biomédica, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 3 Biomedicina, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 4 Farmácia, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 5 Mestre em Biologia Parasitária, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 6 Doutor em Biotecnologia, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 7 Doutora em Medicina Tropical, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 8 Doutora em Biologia de Fungos, Universidade Ceuma, São Luís-MA

Resumo

O gênero *Streptomyces* é o mais relevante dentre todos os actinomicetos devido ao amplo interesse biotecnológico, devido a variada produção de compostos bioativos, incluindo vários medicamentos clinicamente relevantes. Devido a sua capacidade metabólica, apresentam metabólitos com potenciais para inibir/destruir patógenos e também ajudar o organismo no combate a doenças e infecções. Desde a década de 40, muitos são os medicamentos já desenvolvidos a partir desse gênero, estima-se que até os dias atuais 80% dos antibióticos conhecidos são produzidos a partir de *Streptomyces* sp. Numerosos compostos bioativos de actinobactérias são conhecidos pelos seus potenciais farmacoterapêuticos. Além dessa classe, encontram-se medicamentos antivirais, antifúngicos, pesticidas e inseticidas, antiparasitários, antioxidantes e anticancerígenos. Estima-se que mais de 10 mil compostos bioativos foram obtidos de actinobactérias, onde 7600 (75%) obtidos pelo gênero *Streptomyces*. Demonstrando a relevância desse gênero para a indústria de biotecnologia.

Palavras-chave: Bioprospecção; *Streptomyces*; Imunomodulação.

Abstract

The genus *Streptomyces* is the most relevant among all actinomycetes due to the wide biotechnological interest, due to the varied production of bioactive compounds, including several clinically relevant drugs. Due to their metabolic capacity, they have metabolites with the potential to inhibit/destroy pathogens and also help the body to fight diseases and infections. Since the 1940s, many drugs have been developed from this genus, it is estimated that up to the present day 80% of known antibiotics are produced from *Streptomyces* sp. Numerous bioactive compounds from actinobacteria are known for their pharmacotherapeutic potential. In addition to this class, there are antiviral, antifungal, pesticides and insecticides, antiparasitic, antioxidant and anticancer drugs. It is estimated that more than 10,000 bioactive compounds were obtained from actinobacteria, where 7600 (75%) were obtained from the genus *Streptomyces*. Demonstrating the relevance of this genre to the biotechnology industry.

Keywords: Bioprospecting; *Streptomyces*; Immunomodulation

1. INTRODUÇÃO

Os microrganismos, em sua maioria, são seres particularmente pequenos para serem visualizados a olho nu. Fazendo parte deste grupo as bactérias, fungos, vírus, algas e protozoários. São considerados fontes renováveis se comparados a fontes naturais como plantas e animais. Realizam atividades que contribuem para o equilíbrio ambiental a partir de processos ecológicos, ciclos bioquímicos e cadeia alimentar, passando a serem alvo de estudo devido a habilidade em produzir uma ampla variedade de metabólitos secundários, como policetídeos, peptídeos, terpenos, alcaloides, entre outros (BORUTA, 2021), que atuam de forma benéfica para sua sobrevivência e adaptação em diversos habitats, realizando ainda atividades capazes de antagonizar o crescimento de outros microrganismos e até mesmo destruição (JOSE *et al.*, 2021).

Dentre os microrganismos produtores de metabólitos secundários, estão os actinomicetos, pertencentes a ordem Actinomycetales, estes são caracterizados em bactérias gram-positivas, com ciclo de vida curto entre 7 a 10 dias, podendo variar morfológicamente em filamentosas, cocos e bastões, de acordo com seu gênero. Apresentam altas quantidades de guanina e citosina (G+C) em seu genoma, além de resistência em diversos ambientes, tanto terrestres como aquáticos. São grandes produtoras de metabólitos secundários visados pela indústria na promoção da saúde humana até os dias atuais (BORBA; ALEGRE, 2021.; HUI *et al.*, 2021; PRUDENCE *et al.*, 2020).

Com destaque entre essas actinobactérias, estão o gênero dominante *Streptomyces*, que além de maior prevalência, principalmente no solo, são conhecidos por serem grandes produtores de uma variada gama de compostos bioativos (ZHAO *et al.*, 2020), no qual esse gênero é responsável pela produção de aproximadamente 75% dos antibióticos presentes no mercado derivados de actinomicetos (SALWAN; SHARMA, 2020; YU *et al.*, 2020). Tornando-se alvo para a indústria farmacêutica em diversas pesquisas biotecnológicas pela vasta produção de enzimas e moléculas provenientes do seu metabolismo secundário, com potencial antimicrobiano, antifúngico, antiparasitárias, pesticidas, herbicidas, antivirais e moduladores da resposta imune (GOEL *et al.*, 2021; ZHAO *et al.*, 2020).

A proteção do organismo contra agentes endógenos e exógenos, tem por finalidade o reconhecimento e combate a essas ameaças, mantendo a homeostase e integridade corporal. Este equilíbrio é regulado pelo sistema imunológico, responsável por essa proteção e defesa (PINTO *et al.*, 2021). A ação imunomoduladora resulta na capacidade da biomolécula de modificar positivamente a resposta imune sob certas condições patológicas. A fisiopatologia da doença está relacionada diretamente com a farmacologia imunológica, levando a busca por novos conhecimentos e aumento do uso de imunomoduladores e descoberta dos mesmos através da biotecnologia. (GHOSH *et al.*, 2020).

Devido ao crescente e alarmante aumento da resistência a medicamentos, tolerância a tratamentos e principalmente autodefesa do organismo, torna-se cada vez mais oportuna a busca por novas moléculas bioativas com potenciais de reforço ao sistema imune no combate a doenças e infecções

1.1 Actinomicetos: características gerais

Os actinomicetos, pertencentes ao filo das Actinobactérias e ordem Actinomycetales e, são bactérias que apresentam em sua estrutura uma membrana fosfolipídica, células



finas, DNA organizado em um nucleóide procariótico, camadas espessas de peptideoglicano, caracterizando-as em gram positivas de vida livre, contendo em seu DNA altas quantidades de guanina e citosina (G+C). Apresentam uma vasta taxonomia, classificadas dentro do filo de Actinobactéria, incluindo 6 classes, 18 ordens e 14 subordens (NUNES, 2020).

Caracterizam-se por sua morfologia diversificada, como cocos (*Micrococcus*), cocobacilo (*Arthrobacter*), com fragmentação de hifas (*Nocardia* sp.) e com micélio ramificado (*Streptomyces* sp.). Seu ciclo de vida inicia-se com a germinação do esporo, originando o micélio vegetativo que é formado por hifas ramificadas, estas têm como funções a absorção de nutrientes e metabolização de compostos como proteínas, lipídeos. O micélio transforma-se em aéreo, formando os esporos, podendo ser a maioria aeróbia, anaeróbia e anaeróbia facultativa. Essas bactérias podem apresentar metabolismo autotrófico, quimiotrófico, heterotrófico e ainda utilizar fontes de carbono, fazendo parte patógenos humanos, fitopatógenos, os que habitam o solo, o meio aquático e trato gastrointestinais (SALWN; SHARMA, 2020; WOAN-FEI LAW *et al.*, 2020).

Classe	Representante	Características
Actinomicetos:	<i>Actinomyces</i> sp., <i>Arachnia</i> sp., <i>Bacterionema</i> sp, <i>Rothia</i> sp. <i>Agromyces</i> sp.	Aeróbios facultativos; sem formação de micélio; morfologia bacilares, cócoides ou corineformes
Micobactérias:	<i>Mycobacterium</i> sp.	Aeróbios obrigatórios; saprófitos, patógenos; com crescimento lento e nutrição simples.
Fixadores de Nitrogênio:	<i>Frankia</i> sp.	Fixadores de nitrogênio em plantas; micélio verdadeiro
Actinoplanes:	<i>Actinoplanes</i> sp., <i>Streptoporangium</i> sp.	Formadores de esporos no interior dos esporângios; micélio verdadeiro
Nocárdia:	<i>Nocardia</i> sp., <i>Rhodococcus</i> sp.	Ocasionalmente produzem esporos aéreos; conteúdo lipídico de células e paredes celulares bem elevado
Estreptomicetos:	<i>Streptomyces</i> sp. <i>Streptoverticillium</i> sp. <i>Sporichthya</i> sp. <i>Kitasatoa</i> sp.	Micélio intacto; micélio aéreo abundante e cadeias longas de esporos
Micromonosporas:	<i>Micromonospora</i> sp. <i>Microbispora</i> sp. <i>Thermobispora</i> sp. <i>Thermoactinomyces</i> sp.	Esporos únicos, em pares ou cadeias curtas; micélio intacto; muitos são termófilos; saprofitas presentes no solo.

Tabela 1. Grupos e características de actinomicetos (adaptado de Medgan *et al.*, 2010)

Devido a formação de esporos, que além de conferir defesa, resistência reprodução e multiplicação a essas bactérias, são responsáveis pela adaptação desses microrganismos em diversos habitats, como água, plantas, animais, pedras e principalmente o solo (SOYER; TUNALI, 2020), fazendo parte de cerca de 30% da microbiota presente, onde auxiliam na decomposição de compostos complexos em pequenas moléculas e biorrecuperação de solos contaminados por agrotóxicos. Esses microrganismos sobrevivem como endofíticos, vivendo em simbiose com as plantas e assimilando nutrientes (JOSE *et al.*, 2021; PACIOS-

-MICHELENA *et al.*, 2021)

Essas bactérias são consideradas como seres saprófito, ou seja, que possuem habilidades de degradação de substratos insolúveis, através de enzimas produzidas, sendo de grande interesse na biotecnologia. Destacando-se pela habilidade em produzir compostos bioativos, como a produção de sistemas enzimáticos e síntese de substâncias, sendo realizadas atividades como competição por espaço, lesão e/ou destruição de outros (EBRAHIMI-ZARANDI *et al.*, 2021; SIVAKALA *et al.*, 2021).

1.2 Metabólitos Secundários

Os microrganismos possuem a capacidade de produção de compostos estruturalmente diversos, refletindo as diferenças de habitats e estratégias de sobrevivência dos mesmos. Esses metabólitos são classificados em primários, responsáveis pela sobrevivência e manutenção, e os secundários, provenientes da forma e meio de cultivo, com funções tanto fisiológicas como predatória, podendo exibir atividades com propriedades físico-químicas e biológicas, sendo reconhecidos como um fenômeno de manutenção de algumas espécies, entre eles estão policetídeos, peptídeos não ribossômicos e terpenos (KELLER 2019), proporcionando resultados benéficos para a medicina, veterinária, agricultura e indústria farmacêutica (CUTCHMA, 2019; LEE *et al.*, 2020; SCHERLACH; HERWECK, 2021).

Desde a descoberta da penicilina em 1929 por Fleming, os microrganismos vêm sendo explorados quanto a sua capacidade de produção de compostos bioativos, com o intuito dessas moléculas orgânicas fornecerem novas alternativas no controle e tratamento de doenças e infecções. Dentre os microrganismos envolvidos na produção dessas substâncias, destacam-se os actinomicetos do gênero *Streptomyces*, tornando-se alvo no campo da pesquisa do metabolismo secundário, sendo responsáveis por cerca de 2/3 dos medicamentos presentes no mercado, principalmente os antibióticos (JOSE *et al.*, 2021; KIM *et al.*, 2021)

1.3 Gênero *Streptomyces*

Os *Streptomyces*, pertencentes a família *Streptomycetaceae*, subordem *Streptomycineae*, ordem *Actinomycetales* e subclasse *Actinobacteridae*, onde possuem atualmente cerca de 972 espécies (LASKARIS; KARAGOUNI, 2021; PARTE *et al.*, 2020). Apresentam alta capacidade de produção de compostos bioativos que apresentam diferentes estruturas e atividades, estando diretamente ligada à sua morfologia que envolve a formação de uma cadeia de hifas que podem se diferenciar em cadeias de esporos, realizando metabolismo pela produção de enzimas extracelulares como amilase, celulase e xilanase. Sendo grande alvo nos estudos entre as actinobactérias, devido a sua morfologia complexa, facilidade de isolamento e cultivo *in vitro*, além da grande abundância e adaptação em diversos habitats, terrestres e aquáticos (HOMERO *et al.*, 2021; MATHEUS *et al.*, 2022).

Esse gênero possui um desenvolvimento complexo, onde seu ciclo de vida inicia-se a partir da germinação das cadeias de esporos que germinam formando uma rede de hifas, conhecidas como micélios vegetativos e em seguida aos ramificados. Estes espalham-se originando as hifas aéreas que produzirão os novos esporos, completando o ciclo de vida da bactéria (figura 1) (LAW *et al.*, 2019). Em determinadas condições, o micélio vegetativo se reproduz dando origem a novas hifas, onde estas têm como funções a absorção de nutrientes através da quebra de polímeros como quitina e celulose, e também realizam me-

tabolização de compostos como proteínas e lipídeos.

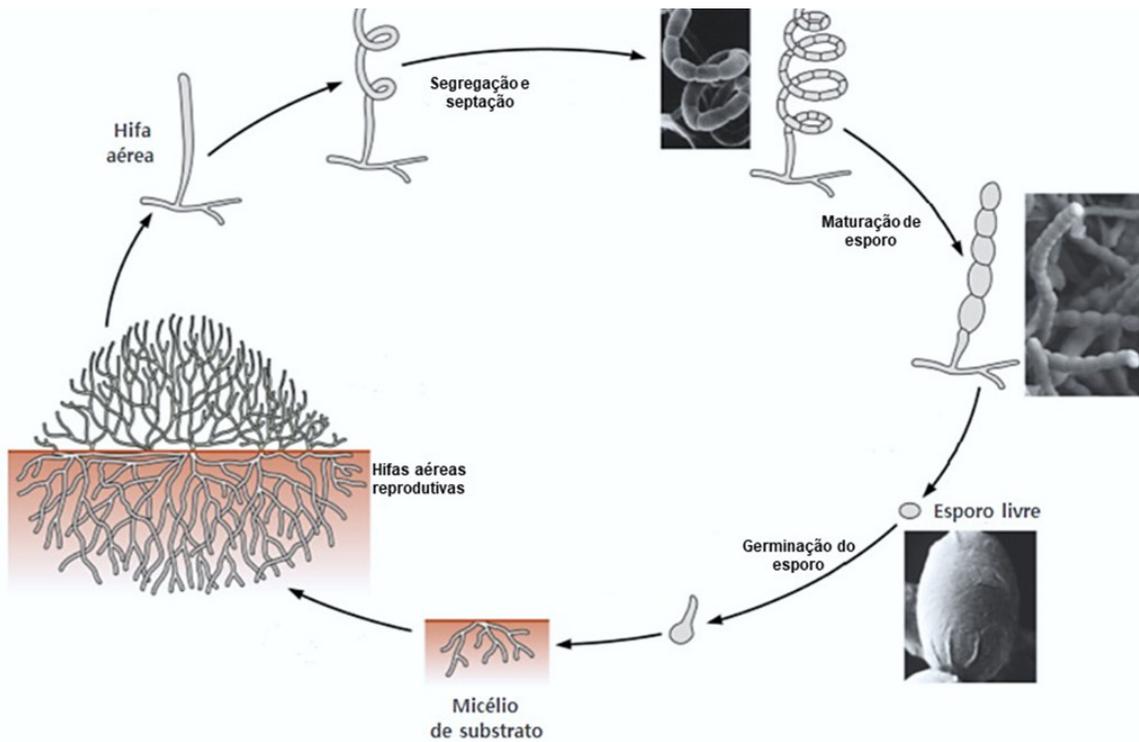


Figura 1. Ilustração do ciclo de vida de actinomicetos formadores de esporos.

Fonte: Nunes C., 2020

Desde a década de 40, muitos são os medicamentos já desenvolvidos a partir desse gênero (Figura 2), estima-se que até os dias atuais 80% dos antibióticos conhecidos são produzidos a partir de *Streptomyces* ssp. (MAJIDZADEH et al., 2021). Numerosos compostos bioativos de actinobactérias são conhecidos pelos seus potenciais farmacoterapêuticos. Além dessa classe, encontram-se medicamentos antivirais, antifúngicos, pesticidas e inseticidas, antiparasitários, antioxidantes e anticancerígenos. De acordo com Ab Mutalib et al., (2020) e Pšeničnik et al., (2022) mais de 10 mil compostos bioativos foram obtidos de actinobactérias, onde 7600 (75%) obtidos pelo gênero *Streptomyces*.

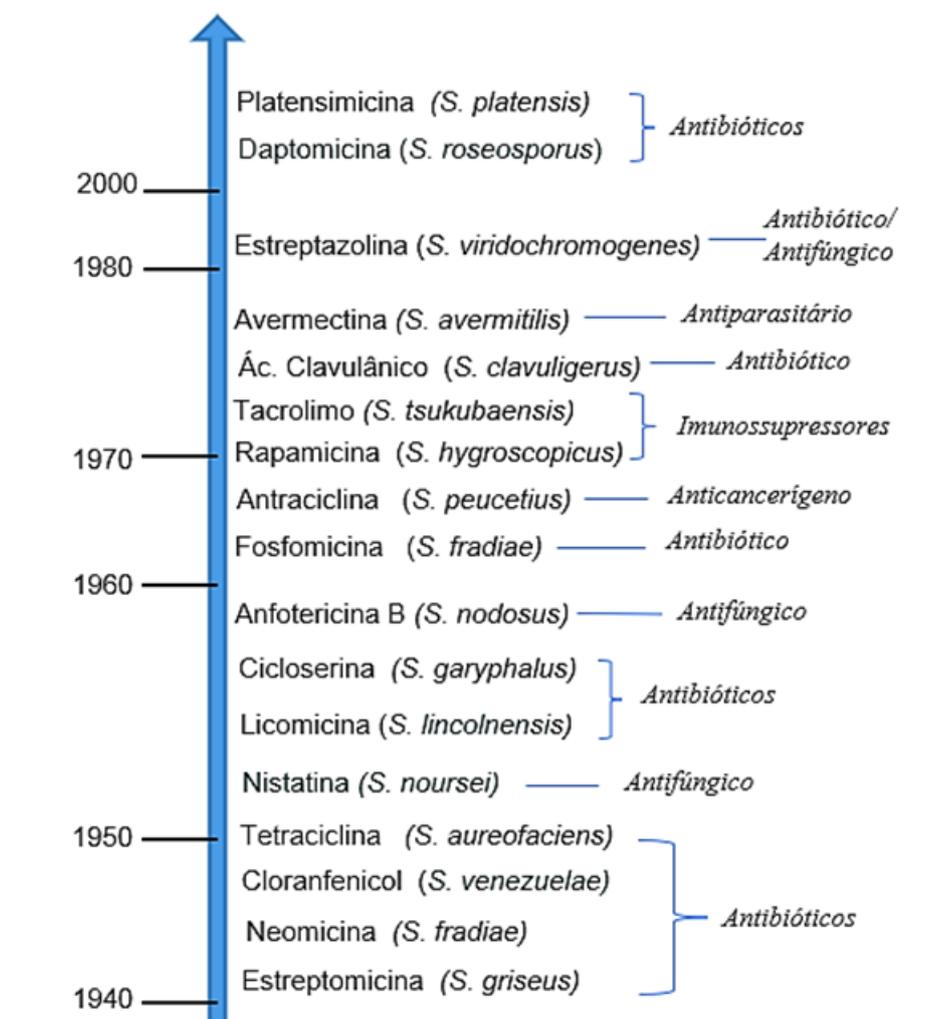


Figura 2. Principais descobertas e classes de medicamentos derivados de espécies de *Streptomyces*.

Fonte: Luiz et al., (2014)

1.4 Atividade dos metabólitos secundários de *Streptomyces* sp.

1.4.1 Atividade antibacteriana

Os antibióticos são classificados de acordo com seu modo de ação, estrutura, espectro de ação e via de administração, apresentando potencial de inibição e/ou destruição de outros microrganismos, classificados assim em bacteriostáticos ou bactericidas (SERWE-CINSKA, 2020). A partir da descoberta da penicilina em 1928, iniciou-se a era dessa classe de medicamentos, onde as bactérias filamentosas passaram a ser alvo de pesquisas. Em 1942 pesquisadores isolaram a estreptotricina a partir do *Streptomyces lavendulae* e dois anos depois a estreptomicina, sendo este o primeiro antibiótico ativo no tratamento da tuberculose a partir da espécie de *Streptomyces griseus*. Outro antibacteriano de grande interesse descoberto a partir de *Streptomyces fradiae* é a neomicina, da classe dos aminoglicosídeos.

Essa classe de medicamentos se torna cada vez mais indispensável, uma vez que o aumento da resistência bacteriana entre patógenos tem levado a necessidade na descoberta de novos fármacos para combate de infecções adquiridas nos hospitais e na comunidade.

Dentre o grupo de patógenos resistentes, estão os chamados MRS como *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pneumoniae*, *Enterococcus* sp., *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa* e enterobactérias produtoras de β -lactamases de amplo espectro (ESBL) (FERREIRA; LÓCIO, n.d.)

De forma geral, as principais classe de antibióticos produzidos por *Streptomyces* são os aminoglicosídeos, tetraciclinas, sulfonamidas, cloranfenicol, β -lactâmicos, macrólídeos e tetraciclinas. Sendo cerca de 80% provenientes de actinomicetos (GOEL *et al.*, 2021). Estima-se ainda, que desde 1942 a ordem Actinomycetales produziu aproximadamente 3.000 antibióticos conhecidos e que 80% destes são originados pelo gênero *Streptomyces* (AVALOS *et al.*, 2019; BUNBAMRUNG *et al.*, 2020; MAHMOOD; KATAOKA, 2020)

1.4.2 Atividade antifúngica

Uma grande preocupação dos grandes cultivos é a suscetibilidade em adquirir diversas doenças nas plantações, podendo ser causadas por microrganismos fitopatogênicos, levando a uma enorme perda da produção e afetando a saúde dos consumidores. Como forma de controlar tais infecções, os produtores fazem usos de produtos químicos no campo agrícola, o que ocasiona efeitos negativos para o meio ambiente (KHUSHBOO *et al.*, 2022). O uso de controle biológico vem sendo cada vez mais utilizados como agentes fungicidas, a exemplo o antifúngico casugamicina, derivado de *Streptomyces kasugaensis* no combate do brusone do arroz, doença causada pelo fungo fitopatogênico *Magnaporthe oryzae* nas plantações (SIUNPKA *et al.*, 2021).

Além da contribuição para biorrecuperação dos solos contaminados, espécies de *Streptomyces* também atuam como antifúngicos em patógenos causadores de doenças no humano. Desde 1965 foram isoladas classes de antifúngicos naturais a partir de *Streptomyces*, a exemplo são as polioxinas B e D, que atuam na síntese da parede celular, a candidicina produzida por *Streptomyces griseus* utilizado no tratamento da candidíase vulvovaginal.

1.4.3 Atividade antiparasitária

Os antiparasitários são uma classe de medicamentos utilizadas no tratamento de protozoários e helmintos, havendo apenas um total de 20 medicamentos aprovados nos últimos 40 anos, o que torna uma grande escassez para opções de tratamento. Um evento importante desta classe de medicamentos foi a descoberta do isolamento da avermectina, pelos professores William Campbel e Satoshi Omura. Posteriormente a avermectina, após refinamento, transformou-se em ivermectina, derivado mais seguro e potente. (WOAN-FEI LAW *et al.*, 2020)

No que diz respeito a ação antiparasitária, a ivermectina, produzida a partir de *S. avermitilis* é uma droga de uso até os dias atuais tanto no tratamento contra parasitas intestinais como contra o *Pediculus humanus*, vulgarmente conhecido como piolho. Com seu uso como coadjuvante durante pandemia da covid 19, estudos sobre essa droga obteve grande interesse.

No entanto, existem antiparasitários derivados de estreptomicetos em uso generalizado, incluindo a ivermectina, usada para tratar infecções por vermes; avermectina, usada contra parasitas artrópodes; e as milbemicinas, usadas como anti-helmínticos, inseticidas e acaricidas.

1.4.4 Atividade antiviral

Em 1958 foram descobertos a telomicina a partir de *S. coeruleorubidus*, que teve sua estrutura determinada somente em 1968, com atividade contra sistemas virais como a hemaglutina-neuramidase (HN), garantindo a telomicina a capacidade de inibir de forma potente a doença viral (ABDELAZIZ *et al.*, 2022). Um estudo realizado em 2010 por Ding *et al.*, relatou o isolado xiamicina produzida por *Streptomyces* sp. GT2002/1503 que se mostrou ativa contra o HIV. Um trabalho realizado por Saito *et al.*, 2022, obteve-se resultados promissores do extrato de cultura de *Streptomyces* sp. termotolerante/JA74, onde foi isolado a Dihidromaniwamycin (E), apresentando resultados promissores ao conseguir inibir contra a infecção pelo vírus da influenza (H1N1) e o vírus do SARS-CoV-2.

1.4.5 Atividade anticancerígenas

A atividade anticancerígena de algumas biomoléculas produzidas por microrganismos podem apresentar potenciais para inibir a proliferação celular, regular a função imunológica e induzir a apoptose da célula (LAW *et al.*, 2020). Dentre os microrganismos produtores compostos anticancerígenos, está o gênero *Streptomyces* ssp., um recurso biológico com potencial para a exploração de drogas antitumorais, algumas já comprovadas. Sendo o câncer uma das principais causas de morte mundialmente, gerando grande crise e preocupação da saúde (DONALD *et al.*, 2022).

O primeiro metabólito microbiano isolado foi a actinomicina, um cromooligopeptídeos, descobertas a mais de 70 anos, são um grupo de substâncias com potenciais citotóxicos e antineoplásicos produzidas por uma variedade de espécies de *Streptomyces*. Entre elas, encontra-se a actinomicina D (1940) utilizada nos dias atuais no tratamento de tumores malignos. Outro medicamento promissor é a rapamicina (sirolimus), derivadas de *S. hygroscopicus*, aprovada em 1999 como um agente imunossupressor pela potente supressão da IL-2, tornando-o um promissor antitumoral/anticancerígeno. Outros quimioterápicos também isolados desse gênero são a bleomicina, de *S. verticillus*, a doxorubicina de *S. peucetius*, a mitramicina a partir de *S. argillaceus*, dactinomicina (CHAROUSOVÁ *et al.*, 2019; TAN *et al.*, 2019).

1.4.6 Agentes imunomoduladores

O sistema imunológico é responsável pela defesa do nosso organismo contra agentes invasores, renovação de estruturas e remoção de células mortas, estando presente desde o nascimento. Esse sistema, além de ser composto pelas barreiras anatômicas e fisiológicas, é dividido em imunidade inata e adaptativa. A imunidade inata é nossa primeira linha de defesa, abrangendo elementos como neutrófilos, monócitos, macrófagos, complemento e proteínas de fase aguda, ao contrário da adaptativa ou adquirida que é caracterizada pelo reconhecimento específico a patógenos através do recrutamento de linfócitos T e B (Figura 4) (PANDA; COLONNA, 2019; TARGINO *et al.*, 2022).



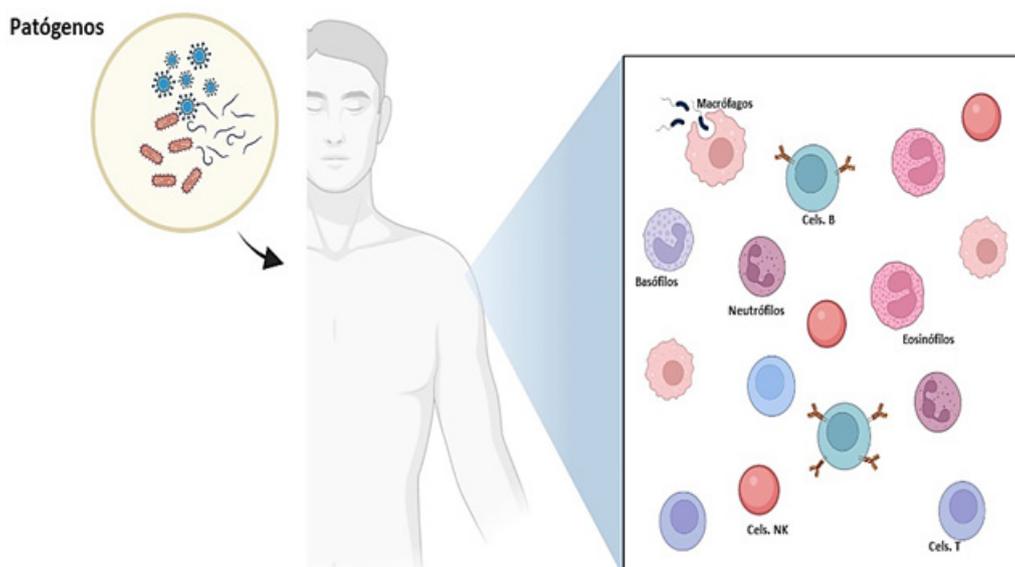


Figura 3. Principais componentes na resposta imune do hospedeiro contra infecções por patógenos.

O controle da resposta imunológica ou imunomodulação é alcançado através dos elementos que compõem o sistema imune, desencadeando um crescimento ou diminuição. O uso de substratos vem sendo utilizados na profilaxia e tratamento de imunossuprimidos, usados racionalmente.

De acordo com Zhao *et al.* (2020) os imunomoduladores possuem a capacidade de aumentar a emissão de citocinas, multiplicar e ativar os componentes da imunidade inata como neutrófilos, macrófagos e as células Natural Killer. Eles podem ser classificados em imunossupressores, imunoestimulantes e imunocoadjuvante.

Atualmente encontram-se disponíveis o tacrolimo, fármaco imunossupressor produzido a partir de *Streptomyces tsukubaensis* e o pimecrolimus, derivado da ascomicina, produzido pela fermentação de *Streptomyces hygroscopicus*. O tacrolimo foi introduzido como um medicamento oral a prevenção da rejeição de transplantes em 1989, e depois de certo período inseriu-se como terapia tópica.

A maioria dos imunomoduladores presentes no mercado são de origem sintética ou semissintéticos, havendo um grande interesse na busca por compostos naturais, onde ao longo dos anos pequenas moléculas foram aprovadas entre os anos de 1940 a 2014. Essa ação imunomoduladora pode resultar na capacidade de modificação positiva na resposta imune sob determinadas patologias, além do câncer.

Referências

Ab Mutalib, N.-S., Hei Wong, S., Ser, H.-L., Duangjai, A., Woan-Fei Law, J., Ratnakomala, S., Teng-Hern Tan, L., & Letchumanan, V. (2020). Progress in Microbes and Molecular Biology Bioprospecting of Microbes for Valuable Compounds to Mankind. *JOURNAL ARTICLE*. <https://doi.org/10.3687/pmmb.a0000088>

Abdelaziz, R., Tartor, Y. H., Barakat, A. B., EL-Didamony, G., El-Samadony, H. A., Amer, S. A., & Gado, M. M. (2022). *Streptomyces coeruleorubidus* as a potential biocontrol agent for Newcastle disease virus. *BMC Veterinary Research*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s12917-022-03349-7>

Borba, M. P., & Alegre, P. (n.d.). *i UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL INSTITUTO DE CIÊNCIAS BÁSICAS DA SAÚDE PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MICROBIOLOGIA AGRÍCOLA E DO AMBIENTE.*

- Charousová, I., Medo, J., Hleba, L., Císarová, M., & Javoreková, S. (2019). Antimicrobial activity of actinomyces and characterization of actinomycin-producing strain KRG-1 isolated from Karoo, South Africa. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 55. <https://doi.org/10.1590/s2175-97902019000217249>
- Cutchma, T. (n.d.). UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA-PPGBIOTEC TAÍS REGINA CUTCHMA BIOPROSPECÇÃO DE ACTINOMICETOS COM ATIVIDADE LIGNOCELULOLÍTICA PARA PRÉ-TRATAMENTO DA PALHA DE CANA-DE-AÇÚCAR.
- Donald, L., Pipite, A., Subramani, R., Owen, J., Keyzers, R. A., & Taufu, T. (2022). Streptomyces: Still the Biggest Producer of New Natural Secondary Metabolites, a Current Perspective. *Microbiology Research*, 13(3), 418–465. <https://doi.org/10.3390/microbiolres13030031>
- Ebrahimi-Zarandi, M., Bonjar, G. H. S., Riseh, R. S., El-Shetehy, M., Saadoun, I., & Barka, E. A. (2021). Exploring two streptomyces species to control rhizoctonia solani in tomato. *Agronomy*, 11(7). <https://doi.org/10.3390/agronomy11071384>
- Ferreira, C. J., & Lócio, D. E. (n.d.). Universidade federal de campina grande centro de desenvolvimento sustentável da semiárida unidade acadêmica de engenharia de biotecnologia e bioprocessos curso de engenharia de biotecnologia e bioprocessos AVALIAÇÃO DAS ATIVIDADES ANTIBIÓTICA E ANTIPARASITÁRIA DE METABÓLITOS SECUNDÁRIOS DE FUNGOS ENDOFÍTICOS DA *Anadenanthera macrocarpa*.
- Ghosh, R., Bryant, D. L., & Farone, A. L. (2020). Panax quinquefolius (North American Ginseng) Polysaccharides as Immunomodulators: Current Research Status and Future Directions. In *Molecules* (Vol. 25, Issue 24). MDPI. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES25245854>
- Goel, N., Fatima, S. W., Kumar, S., Sinha, R., & Khare, S. K. (2021). Antimicrobial resistance in biofilms: Exploring marine actinobacteria as a potential source of antibiotics and biofilm inhibitors. In *Biotechnology Reports* (Vol. 30). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2021.e00613>
- Homero, U., Tortella, G., Sandoval, E., & Cuozzo, S. A. (2021). Extracellular Polymeric Substances (EPS) produced by Streptomyces sp. biofilms: Chemical composition and anticancer properties. *Microbiological Research*, 253. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2021.126877>
- Hui, M. L. Y., Tan, L. T. H., Letchumanan, V., He, Y. W., Fang, C. M., Chan, K. G., Law, J. W. F., & Lee, L. H. (2021). The extremophilic actinobacteria: From microbes to medicine. In *Antibiotics* (Vol. 10, Issue 6). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10060682>
- Jose, P. A., Maharshi, A., & Jha, B. (2021). Actinobacteria in natural products research: Progress and prospects. In *Microbiological Research* (Vol. 246). Elsevier GmbH. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2021.126708>
- Kim, J. H., Lee, N., Hwang, S., Kim, W., Lee, Y., Cho, S., Palsson, B. O., & Cho, B. K. (2021). Discovery of novel secondary metabolites encoded in actinomycete genomes through coculture. In *Journal of industrial microbiology & biotechnology* (Vol. 48, Issues 3–4). NLM (Medline). <https://doi.org/10.1093/jimb/kuaa001>
- Laskaris, P., & Karagouni, A. D. (2021). Streptomyces, Greek Habitats and Novel Pharmaceuticals: A Promising Challenge. *Microbiology Research*, 12(4), 840–846. <https://doi.org/10.3390/microbiolres12040061>
- Law, J. W. F., Law, L. N. S., Letchumanan, V., Tan, L. T. H., Wong, S. H., Chan, K. G., Mutalib, N. S. A., & Lee, L. H. (2020). Anticancer Drug Discovery from Microbial Sources: The Unique Mangrove Streptomyces. In *Molecules* (Vol. 25, Issue 22). MDPI. <https://doi.org/10.3390/molecules25225365>
- Lee, L. H., Goh, B. H., & Chan, K. G. (2020). Editorial: Actinobacteria: Prolific Producers of Bioactive Metabolites. In *Frontiers in Microbiology* (Vol. 11). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01612>
- Luiz, A., Silva, S., Luiz, O. :, & Beraldo De Moraes, A. (2014). “Otimização do processo fermentativo para produção do antibiótico nigericina por Streptomyces.”
- Matheus, S., Alves, S., & Luís, M. A. (2022). UNIVERSIDADE CEUMA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E BIOTECNOLOGIA-REDE BIONORTE ATIVIDADE ANTIMICROBIANA DE METABÓLITOS SECUNDÁRIOS DE *Streptomyces spp*, ISOLADOS DE CULTURA DE SOJA DO SUL DO ESTADO DO MARANHÃO.
- Pacios-Michelena, S., Aguilar González, C. N., Alvarez-Perez, O. B., Rodriguez-Herrera, R., Chávez-González, M., Arredondo Valdés, R., Ascacio Valdés, J. A., Govea Salas, M., & Ilyina, A. (2021). Application of Streptomyces Antimicrobial Compounds for the Control of Phytopathogens. In *Frontiers in Sustainable Food Systems* (Vol. 5). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.696518>
- Panda, S. K., & Colonna, M. (2019). Innate lymphoid cells in mucosal immunity. In *Frontiers in Immunology* (Vol. 10, Issue MAY). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2019.00861>
- Parte, A. C., Carbasse, J. S., Meier-Kolthoff, J. P., Reimer, L. C., & Göker, M. (2020). List of prokaryotic names with

- standing in nomenclature (LPSN) moves to the DSMZ. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 70(11), 5607–5612. <https://doi.org/10.1099/ijsem.0.004332>
- Pinto, J. S., Farmacêuticas, C., Manuel, D., Nunes, A., & Morgado, V. P. (n.d.). *Manual de imunomoduladores com ação antineoplásica: aspetos práticos relacionados com o tratamento Experiência profissionalizante na vertente de Investigação e Farmácia Comunitária*.
- Prudence, S. M. M., Addington, E., Castaño-Espriu, L., Mark, D. R., Pintor-Escobar, L., Russell, A. H., & McLean, T. C. (2020). Advances in actinomycete research: An actinobase review of 2019. In *Microbiology (United Kingdom)* (Vol. 166, Issue 8, pp. 683–694). Microbiology Society. <https://doi.org/10.1099/mic.0.000944>
- Pšeničnik, A., Reberšek, R., Slemc, L., Godec, T., Kranjc, L., & Petković, H. (2022). Simple and reliable in situ CRISPR-Cas9 nuclease visualization tool is ensuring efficient editing in *Streptomyces* species. *Journal of Microbiological Methods*, 200. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2022.106545>
- Saito, S., Funayama, K., Kato, W., Okuda, M., Kawamoto, M., Matsubara, T., Sato, T., Sato, A., Otsuguro, S., Sasaki, M., Orba, Y., Sawa, H., Maenaka, K., Shindo, K., Imoto, M., & Arai, M. A. (2022). Dihydropyridinone, a Heat-Shock Metabolite from Thermotolerant *Streptomyces* sp. JA74, Exhibiting Antiviral Activity against Influenza and SARS-CoV-2 Viruses. *Journal of Natural Products*. <https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.2c00550>
- Salwan, R., & Sharma, V. (2020). Molecular and biotechnological aspects of secondary metabolites in actinobacteria. In *Microbiological Research* (Vol. 231). Elsevier GmbH. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2019.126374>
- Scherlach, K., & Hertweck, C. (2021). Mining and unearthing hidden biosynthetic potential. In *Nature Communications* (Vol. 12, Issue 1). Nature Research. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-24133-5>
- Serwecińska, L. (2020). Antimicrobials and antibiotic-resistant bacteria: A risk to the environment and to public health. *Water (Switzerland)*, 12(12). <https://doi.org/10.3390/w12123313>
- Siupka, P., Hansen, F. T., Schier, A., Rocco, S., Sørensen, T., & Piotrowska-Seget, Z. (2021). Antifungal activity and biosynthetic potential of new streptomyces sp. MW-W600-10 strain isolated from coal mine water. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(14). <https://doi.org/10.3390/ijms22147441>
- Sivakala, K. K., Gutiérrez-García, K., Jose, P. A., Thinesh, T., Anandham, R., Barona-Gómez, F., & Sivakumar, N. (2021). Desert environments facilitate unique evolution of biosynthetic potential in *Streptomyces*. *Molecules*, 26(3). <https://doi.org/10.3390/molecules26030588>
- Soyer, P., & Tunalı, Y. (2020). Actinobacteria isolation from forest soils and determination of biological activities. *Journal of the Turkish Chemical Society, Section A: Chemistry*, 7(2), 327–334. <https://doi.org/10.18596/jotcsa.657180>
- Tan, L. T. H., Chan, C. K., Chan, K. G., Pusparajah, P., Khan, T. M., Ser, H. L., Lee, L. H., & Goh, B. H. (2019). *Streptomyces* sp. MUM256: A source for apoptosis inducing and cell cycle-arresting bioactive compounds against colon cancer cells. *Cancers*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/cancers11111742>
- Targino, A. B. da C., Mota, A. de A. R., Longatti, S. C., & do Nascimento, G. P. V. (2022). Imunomodulação com cogumelos: *Cordyceps sinensis*, *Ganoderma lucidum* e *Grifola frondosa*. *Brazilian Journal of Development*, 8(10), 66097–66112. <https://doi.org/10.34117/bjdv8n10-086>
- Woan-Fei Law, J., Letchumanan, V., Teng-Hern Tan, L., Ser, H.-L., Goh, B.-H., & Lee, L.-H. (2020a). *Progress in Microbes and Molecular Biology The Rising of “Modern Actinobacteria” Era*. <https://doi.org/10.3687/pmmb.a0000064>
- Woan-Fei Law, J., Letchumanan, V., Teng-Hern Tan, L., Ser, H.-L., Goh, B.-H., & Lee, L.-H. (2020b). *Progress in Microbes and Molecular Biology The Rising of “Modern Actinobacteria” Era*. <https://doi.org/10.3687/pmmb.a0000064>
- Yu, Z., Han, C., Yu, B., Zhao, J., Yan, Y., Huang, S., Liu, C., & Xiang, W. (2020). Taxonomic characterization, and secondary metabolite analysis of *Streptomyces triticiradicis* sp. Nov.: A novel actinomycete with antifungal activity. *Microorganisms*, 8(1). <https://doi.org/10.3390/microorganisms8010077>
- Zhao, J., Tang, X., Li, K., Guo, Y., Feng, M., & Gao, J. (2020). *Streptomyces paludis* sp. Nov., isolated from an alpine wetland soil. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 70(2), 773–778. <https://doi.org/10.1099/ijsem.0.003821>
- Zhao, S., Gao, Q., Rong, C., Wang, S., Zhao, Z., Liu, Y., & Xu, J. (2020). Immunomodulatory effects of edible and medicinal mushrooms and their bioactive immunoregulatory products. In *Journal of Fungi* (Vol. 6, Issue 4, pp. 1–37). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/jof60426>
- Khushboo, Kumar, P., Dubey, KK, Usmani, Z., Sharma, M. e Gupta, VK (2022), Aplicações biotecnológicas e

industriais de metabólitos de *Streptomyces* . Biocombustíveis, Bioprod. Bioref., 16: 244-264. <https://doi.org/10.1002/bbb.2294>

Nunes, C. B. (2020). UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL avaliação de atividades antifúngica e imunomoduladora de isolados de actinobacteria da rizosfera de solanum lycocarpum BRASÍLIA.



4

AVALIAÇÃO DO SEDIMENTO DA PORÇÃO NORDESTE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TOCANTINS, BRASIL

*SEDIMENT EVALUATION OF THE NORTHEASTERN PORTION OF THE TOCANTINS
RIVER BASIN, BRAZIL*

Mikaelle Luzia Silva Dutra¹

Neuriane Silva Melo²

Dalinajara Oyama Homma de Araujo³

Airton Alves de Lima²

Túlio da Silva Xavier²

Ana Célia Ferraz³

Marliete Carvalho da Costa⁴

Fernanda Avelino Ferraz⁵

Darlan Ferreira Silva⁶

Maria Raimunda Chagas Silva⁷

-
- 1 Engenharia Ambiental, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 2 Mestranda em Meio Ambiente, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 3 Mestre em Meio Ambiente, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 4 Doutora em Microbiologia, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 5 Mestrando em Biologia Microbiana, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 6 Doutor em Química, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 7 Doutora em Química Analítica, Universidade Ceuma, São Luís-MA

Resumo

Nos corpos d'água, os sedimentos são compostos por partículas sólidas com elevada heterogeneidade e por muitos materiais distribuídos ao longo do recurso hídrico. O objetivo desta pesquisa foi avaliar a qualidade dos sedimentos da Bacia do Rio Tocantins. O trecho em análise, neste trabalho, localiza-se nas cidades de Imperatriz e São Pedro da Água Branca (estado do Maranhão), na porção nordeste do rio Tocantins. Foram realizadas um total de 4 coletas, duas abrangendo o período seco (julho e setembro) e duas no período chuvoso (fevereiro e abril). As análises mostraram que no Rio Tocantins, nos pontos amostrados, há apenas a classe de textura arenosa, com predominância da areia franca, os sedimentos são essencialmente inorgânicos, e possuem caráter ácido. No período chuvoso os valores encontrados de Cd, Pb e Zn foram maiores que no período seco. Enquanto as maiores concentrações de Cu, Cr e Ni foram encontradas no período seco. As variáveis analisadas indicaram uma condição pouco preservada do meio abiótico do rio, no entanto, a contaminação por metais pesados, nos locais amostrados, não é acentuada, uma vez que apenas Cd e Zn apresentaram altas concentrações.

Palavras-chave: Monitoramento; Limnológico; Qualidade Ambiental; Metais pesados.

Abstract

In water bodies, sediments are composed of solid particles with high heterogeneity and many materials distributed throughout the water resource. The objective of this research is to evaluate the quality of the sediments of the Tocantins River Basin. The section under analysis in this work is located in the cities of Imperatriz and São Pedro da Água Branca (state of Maranhão), in the northeast portion of the Tocantins River. A total of 4 collections were made, two covering the dry period (July and September) and two in the rainy period (February and April). The analyzes showed in the Tocantins River, in the sampled points, there is only the class of sandy texture, with predominance of frank sand, the sediments are essentially inorganic, and have an acid character. in the rainy season the values found for Cd, Pb and Zn were higher than in the dry period. While the highest concentrations of Cu, Cr and Ni were found in the dry period. The analyzed variables indicated a poorly preserved condition of its abiotic environment of the river, however, the contamination by heavy metals, in the sampled places, is not accentuated, since only Cd and Zn presented high concentrations.

Keywords: Limnological; Monitoring; Environmental Quality; Heavy metals.



1. INTRODUÇÃO

Os corpos hídricos são formados por um fluxo unidirecional de água, como nos ambientes lóticos, ou por colunas d'água, como nos ambientes lênticos, no entanto, também são formados pelos seus sedimentos. Nos corpos d'água, os sedimentos são compostos por partículas sólidas com elevada heterogeneidade e por muitos materiais distribuídos ao longo do recurso hídrico (SANTIAGO; CUNHA-SANTINO, 2014).

De acordo com Mozeto (2006), o sedimento faz parte dos variados processos biológicos, químicos e físicos que acontecem no corpo d'água, podendo apresentar características orgânicas e inorgânicas. Presentes no sedimento, as águas intersticiais são o principal meio de propagação de contaminantes num recurso hídrico.

O escoamento superficial urbano e de áreas agrícolas, além do lançamento de efluentes domésticos e industriais, tem contribuído de forma significativa para o aumento dos níveis de poluentes nas águas, sobretudo dos compostos metálicos. Alguns metais como chumbo (Pb), cádmio (Cd), cromo (Cr), zinco (Zn) e cobre (Cu) são altamente tóxicos e persistentes, capazes de bioacumularem e biomagnificarem na cadeia trófica (WANG *et al.*, 2014).

A disponibilidade dos metais nos sedimentos está estritamente relacionada às formas geoquímicas de retenção, as quais são controladas por processos físicos e reações químicas que dependem, principalmente do pH, da capacidade de troca catiônica (CTC) e dos teores de matéria orgânica e umidade presentes (COTTA *et al.*, 2006).

No Brasil, a legislação contempla a qualidade dos recursos hídricos através do estabelecimento de padrões de qualidade. A Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) define padrões de qualidade e enquadramento dos recursos hídricos, e a Resolução CONAMA 344/2004 define padrões e procedimentos para a avaliação do sedimento a ser dragado. Nesse contexto, os resultados de análises realizadas em determinado corpo hídrico, devem ser compatíveis com aqueles descritos na legislação, de acordo com a utilização destinada para o corpo hídrico em estudo, isto é, seu enquadramento.

Dessa forma, o objetivo desta pesquisa é avaliar a qualidade dos sedimentos da Bacia do Rio Tocantins, entre os municípios de Imperatriz e São Pedro da Água Branca, contemplando o período seco e chuvoso

2. METODOLOGIA

2.1 Localização e Caracterização da área de estudo

Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2020) a bacia hidrográfica do Rio Tocantins (BHRT) é o segundo maior curso d'água 100% brasileiro, com aproximadamente 2.400km de extensão, ficando atrás somente dos cerca de 2.800km do rio São Francisco. O rio nasce entre as cidades goianas de Ouro Verde de Goiás e Petrolina de Goiás, e tem a sua foz no estado do Pará.

A bacia pode ser chamada também de Tocantins-Araguaia, pois se encontra com o rio Araguaia entre Tocantins e Pará. A área de drenagem dos dois cursos d'água formam a Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia, sendo considerada a maior bacia hidrográfica inteiramente brasileira (ANA, 2020).

A BHRT está localizada entre os paralelos 04°50'12" e 16°15'28" sul e entre os meridianos 45°41'44" e 50°11'18" oeste. Possui uma área total de 306,2 mil km² (3,6% do território nacional) e abrange os estados de Tocantins (56,2%), Goiás (33,6%), Maranhão (9,5%), Pará (0,3%) e o Distrito Federal (0,2%) (JUNQUEIRA, 2019).

Conforme apresentado na Figura 1, o trecho em análise neste trabalho, localiza-se nas cidades de Imperatriz e São Pedro da Água Branca (estado do Maranhão), na porção nordeste do rio Tocantins. Foram realizadas um total de 4 coletas, duas abrangendo o período seco (julho e setembro) e duas no período chuvoso (fevereiro e abril).

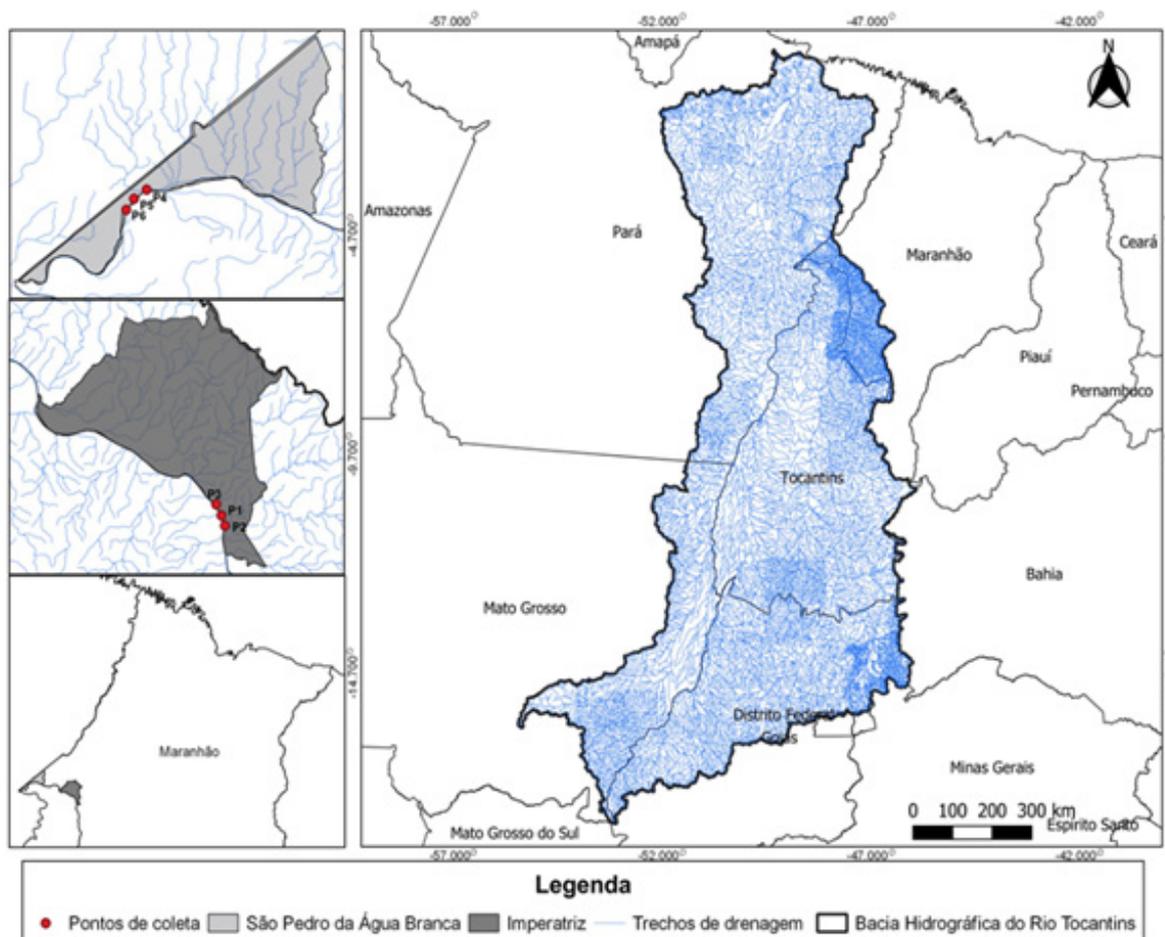


Figura 1. Localização da área de estudo

Fonte: Autores, (2020), com base em dados da ANA e IBGE.

As coletas foram realizadas em três pontos de cada cidade, com foco nos trechos de maior utilização da comunidade, como atividades de pesca e de banho. As coordenadas dos pontos são: Ponto 1 - Balsas (5°32'41"S 47°29'18"W), P2 - Beira Rio (5°32'52"S 47°29'12"W), P3 - Pescadores (5°32'32"S 47°29'12"W), P4 - Molha Farinha (5°11'56"S 48°32'08"W), P5 - Ponte 657 (5°12'24"S 48°32'45"W) e P6 - Praia da Amizade (5°12'43"S 48°33'05"W).

2.2 Procedimentos experimental

As amostras de sedimento foram coletadas nas áreas de remanso, locais com maior acúmulo de material, utilizando um amostrador tipo Core ou draga de Eckamn. Em seguida, as amostras foram armazenadas em sacos plásticos e acondicionadas em caixa isotérmica, e posteriormente, encaminhadas para o Laboratório de Ciências do Ambiente (LACAM) da Universidade Ceuma e para o Instituto de Química de São Carlos (IQSC-USP) em

São Carlos- SP, para as análises dos seguintes parâmetros: textura, pH, matéria orgânica, e metais pesados (cádmio, cromo, cobre, chumbo, zinco e níquel).

A quantificação da textura (fração de areia, silte e argila) do sedimento foi realizada através do método de pipetagem, adaptado do Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 2017) e os cálculos das análises feitos a partir da Lei de Stokes.

Para a determinação de pH utilizou-se o método proposto pela Embrapa (2017), onde foram pesados 10 g de cada amostra e adicionado 50 mL de cloreto de cálcio (CaCl₂).

Para a determinação da matéria orgânica foi utilizado o método de incineração, segundo Loring e Rentala (1992) e Silva (2002), onde foram pesados 4g de cada amostra, estas foram calcinadas em mufla à 600°C por 2 horas, após este tempo, realizou-se a subtração dos pesos inicial e final de cada amostra. A diferença entre as massas iniciais e finais estima o teor de matéria orgânica na amostra.

A determinação de metais pesados nas amostras, foi realizada em Espectrometro de Absorção Atômica (Perkin Elmer, modelo PinAAcle 900T), no Instituto de Química da USP em São Carlos. Para isto, as amostras de sedimento foram previamente tratadas por digestão nitro-perclórica.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de textura, pH e teor de matéria orgânica para as amostras de sedimento do Rio Tocantins, nos municípios de Imperatriz e São Pedro da Água Branca, são apresentados na Tabela 1.

Período chuvoso					
Pontos	Areia (%)*	Silte (%)*	Argila (%)*	pH	MO (%)**
P1	88,15	8,10	3,75	5,9	3,27±0,32
P2	84,4	13,60	2,00	5,23	3,65±0,72
P3	79,65	15,00	5,35	5,71	8,27±3,17
P4	89,25	6,80	3,95	6,00	5,06±1,32
P5	88,55	9,90	1,55	5,10	5,39±1,48
P6	86,10	10,95	2,95	5,95	4,56±1,19
Período Seco					
Pontos	Areia (%)*	Silte (%)*	Argila (%)*	pH	MO (%)**
P1	70,55	24,5	4,95	6,95	3,95±0,19
P2	74,25	22,9	2,85	6,15	3,66±0,89
P3	65,15	27,00	7,85	5,75	8,0±2,98
P4	73,25	21,9	4,85	6,05	6,05±1,06
P5	84,25	13,8	1,95	5,65	5,82±1,30
P6	71,35	25,45	3,20	5,05	5,44±1,51

Tabela 1. Análise granulométrica, pH e teor de matéria orgânica das amostras de sedimento. MO (Matéria Orgânica). *Valores expressos em média (n=2). ** Valores expressos em média e desvio padrão (n=2). Fonte: Autores, 2020.

As análises mineralógicas e texturais podem apontar a hidrodinâmica do sistema e as condições ambientais de sedimentação, bem como, são fatores relevantes no controle da distribuição natural e antrópica dos elementos químicos que compõem o sedimento

(CRUZ *et al.*, 2013).

Os grupamentos granulométricos se referem à reunião de uma ou mais classes de textura, as quais são divididas em textura arenosa (classes texturais areia e areia franca), textura média (menos de 35% de argila e mais de 15% de areia, excluídas as classes texturais areia e areia franca) e textura argilosa (material com teor de argila entre 35% e 60%) (EMBRAPA, 2006).

Pela análise das frações granulométricas dos sedimentos amostrados, observou-se que há apenas a classe de textura arenosa, com predominância da areia franca. No período chuvoso, foi encontrada a maior porcentagem de areia (89,25%), enquanto no período seco, foram encontradas as maiores porcentagens de silte (25,45%) e argila (7,85%). Segundo Lopes (2017), em períodos chuvosos, sobretudo de grandes volumes de precipitação, as partículas de areia facilmente são transportadas e depositadas no fundo dos corpos hídricos, resultando no carregamento de nutrientes, partículas finas como silte e argila e contaminantes.

Valores semelhantes foram encontrados por Silva e Silva (2015) num estudo sobre as nascentes da APA do Maracanã em São Luís-MA, onde também obtiveram a predominância de fração arenosa, com a máxima de 77,30% no período seco e 91,14% no período chuvoso. Campagna (2005) e, Santiago e Cunha-Santino (2014) também obtiveram em seus estudos uma composição predominantemente arenosa, reforçando essa característica intrínseca ao ecossistema cerrado.

De acordo com Santiago e Cunha-Santino (2014) a MO nos ecossistemas aquáticos é formada basicamente pela decomposição de vegetais e de animais. No sedimento, a MO está diretamente relacionada às áreas adjacentes do corpo hídrico, pelo fato de que as substâncias presentes no seu entorno sejam naturais ou antropizadas, atingem pelo escoamento superficial a coluna d'água e, por fim, os sedimentos.

Os sedimentos com teores de MO superiores a 10% em peso seco são considerados orgânicos, e os sedimentos inorgânicos caracterizam-se por apresentarem um teor de MO inferior a esse valor (ANTUNES *et al.*, 2011).

Conforme os valores expressos na Tabela 1, os teores de MO ficaram abaixo de 10% em todas as amostras analisadas, esse resultado evidencia que os sedimentos deste estudo são essencialmente inorgânicos, e, conseqüentemente, possuem pouca afinidade pela adsorção de compostos hidrofóbicos.

Em todos os pontos analisados a MO que chega ao Rio Tocantins é advinda, sobretudo, de processos erosivos das áreas que estão no entorno do rio, os quais são intensificados pela ausência de mata ciliar. Segundo Santiago e Cunha-Santino (2014) com os processos erosivos, os solos perdem parte de seus nutrientes e de sua matéria orgânica, corroborando, assim, para um sedimento essencialmente inorgânico.

Com base nos autores, nota-se que a vegetação é fundamental para a manutenção da qualidade das águas, estabilidade e porosidade dos solos, pois, evitam a erosão de terrenos e o assoreamento de corpos d'água.

Resultados semelhantes foram encontrados por Santiago e Cunha-Santino (2014) em uma das nascentes do seu estudo, com valores de MO variando de 0,60% no período seco e 3,99% no período chuvoso. Castro *et al.* (2019) encontraram valores diferentes em seu estudo acerca do Rio Mearim, com valores de MO variando, em sua maioria, de 10,09% a 18,23%, evidenciando, assim, que os sedimentos

analisados eram essencialmente orgânicos, justificado, segundo os autores, pela au-

sência de boas práticas de uso e ocupação do solo, bem como resíduos domésticos diretamente lançados no corpo hídrico.

O pH mede essencialmente a acidez e alcalinidade do sedimento, em que valores abaixo de 7 indicam um sedimento ácido e valores acima de 7 indicam um sedimento alcalino (GASTALHO *et al.*, 2009). A Resolução n° 357/2005 do CONAMA, estabelece uma faixa aceitável de pH para a água quando este estiver entre 6 e 9.

Com base na Tabela 1, observa-se que, no período chuvoso, o pH médio dos pontos amostrados é de 5,65, com todos os valores abaixo da faixa estabelecida pelo CONAMA, com exceção do ponto 4. Enquanto no período seco a média é de 5,93, com 50% dos pontos abaixo de 6. Esses resultados indicam um caráter ácido dos sedimentos no Rio Tocantins.

Os resultados levemente ácidos em quase todos os pontos em ambos os períodos, podem ser justificados pelo acarretamento constante de resíduos e efluentes domésticos oriundos das comunidades vizinhas.

No entanto, apesar da maioria dos pontos apresentarem pH fora dos parâmetros definidos pela legislação, este teor não pode ser considerado extremo, visto que essa característica é intrínseca ao bioma em que as amostras foram coletadas, pois, como afirma Sousa *et al.* (2000), os latossolos de cerrado são essencialmente ácidos variando de 4,0 e 5,5.

Resultados similares foram encontrados por Campagna (2005), Santiago e Cunha-Santino (2014) e Silva e Silva (2015), que encontraram em seus corpos hídricos de estudo, valores na mesma faixa na maior parte das coletas, e com os valores menores encontrados no período chuvoso. Na Tabela 2 são apresentados os dados de concentração dos metais pesados.

Período Chuvoso						
	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
P1	6,1	13,2	<0,1	15,8	80,0	665
P2	6,2	28,4	<0,1	15,4	81,0	704
P3	6,4	18,1	<0,1	18,1	93,0	583
P4	6,3	13,1	<0,1	12,2	75,0	620
P5	6,1	35,8	<0,1	13,1	92,0	635
P6	6,2	11,1	<0,1	14,1	79,0	702
Período Seco						
	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
P1	5,7	30,8	9,8	16,5	30,0	148
P2	5,3	10,7	0,6	11,7	26,0	760
P3	5,6	30,1	9,5	16,6	32,0	146
P4	5,5	12,9	0,8	11,9	25,0	780
P5	5,2	15,8	0,7	11,9	26,0	790
P6	5,7	30,6	9,6	16,7	30,0	145

Tabela 2. Concentração de metais (mg kg^{-1}) nos sedimentos amostrados.

Fonte: Autores, (2020).

Os metais são elementos encontrados nos sedimentos que não se degradam, o que pode resultar no fenômeno de bioacumulação, isto é, uma acumulação nos organismos ou nos compartimentos do ecossistema. Os metais que se dissociam na água alcançam de forma rápida o sedimento, podendo ser adsorvidos na matéria particulada. Sendo assim,

os sedimentos apresentam uma importante função como reservatório de metais em ambientes aquáticos (BAIRD, 2002).

Os metais ficam retidos no sedimento e podem ser disponibilizados para a coluna d'água como consequência de alterações nas condições ambientais do meio (SANTIAGO; CUNHA-SANTINO, 2014). Os valores máximos aceitos para a concentração de metais, isto é, valores utilizados para classificar um material como contaminado, variam a cada país, segundo afirma Faithfull (2002), não existindo um padrão. Ainda de acordo com Schmitz et al. (2017), para sedimentos não há legislação nacional que dispõe acerca da sua qualidade no ambiente natural.

Nesse contexto, objetivando a avaliação da qualidade de sedimentos, adotam-se os valores-guia de qualidade de sedimento (VGQS), que segundo Schmitz et al. (2017) “são valores numéricos estatisticamente definidos com base em resultados de testes de toxicidade”.

Para corpos hídricos de água doce, adota-se o *Threshold Effects Level* – TEL (nível de efeito limiar) que representa a concentração abaixo da qual raramente são esperados efeitos adversos para os organismos aquáticos, e o *Probable Effects Level* – PEL (nível de efeito provável) que representa a concentração acima da qual são frequentemente esperados efeitos adversos para os organismos. Na faixa entre TEL e PEL situam-se os valores onde ocasionalmente espera-se a ocorrência de tais efeitos (MOZETO et al., 2007).

Esses VGQS são embasados em um banco de dados químicos e biológicos na América do Norte e elaborados sob patrocínio do Conselho Canadense de Ministérios do Meio Ambiente (CCME), o qual originou o Protocolo de Derivação dos Princípios Canadenses para a Qualidade dos Sedimentos e para a Proteção da Vida Aquática (ENVIRONMENT CANADA, 1995). A elaboração deste protocolo teve por objetivo estabelecer critérios para avaliação da qualidade de sedimentos e do significado toxicológico das substâncias associadas aos mesmos para os organismos aquáticos (MOZETO et al., 2007).

Metal	TEL1	PEL2
Cd	0,596	3,53
Pb	35	91,3
Cu	35,7	197
Cr	37,3	90
Ni	18	36
Zn	123,1	315

Tabela 3. Valores-guia (mg kg^{-1}) de qualidade de sedimento empíricos.

¹ Referem-se a valores de concentração química para os quais a toxicidade é pouco provável. ² Referem-se aos níveis prováveis de toxicidade. Fonte: Mozeto et al., 2007.

A fonte de contaminação por metais pesados tem como principal causa as impurezas advindas dos resíduos de fertilizantes e agrotóxicos utilizados na agricultura, sendo mais usualmente encontrados o Mn, Zn, Co e Pb. As características geológicas e pedológicas de uma determinada área também são fontes de metais.

Em todos os pontos de amostragem, em ambos os períodos, foram encontradas concentrações de Cd e Zn acima do estabelecido para PEL, com exceção de Zn nos pontos P1 (148 mg/kg), P3 (146 mg/kg) e P6 (145 mg/kg), durante o período seco. Com relação ao Pb, a concentração máxima ocorreu nos pontos P3 (93,0 mg/kg) e P5 (92,0 mg/kg) durante o período chuvoso, enquanto nos demais, as concentrações encontradas estiveram sempre abaixo dos padrões estabelecidos para PEL. Todos os valores de Cu, Cr e Ni, para ambos os

períodos avaliados, estão dentro do estabelecido para PEL.

Resultados diferentes foram encontrados por Castro *et al.* (2019) para o Rio Mearim, onde as maiores concentrações encontradas pelos autores foram de 1,8 mg/kg para cádmio, 90,70 mg/kg para cromo, 94,0 mg/kg para níquel, 47,22 mg/kg para chumbo e de 79,15 mg/kg para zinco.

Com base na Tabela 2, em geral, observou-se que no período chuvoso os valores encontrados de Cd, Pb e Zn foram maiores que no período seco. Enquanto as maiores concentrações de Cu, Cr e Ni foram encontradas no período seco. Esse desequilíbrio é justificado pela ausência de mata ciliar e pelo fato de não haver preservação no entorno dos pontos de coleta. Deste modo, a erosão é elevada nesse corpo hídrico, o que pode contribuir para que, no período da cheia, haja maior aporte de solo diluindo as concentrações de metais.

4. CONCLUSÃO

Os resultados desta pesquisa revelaram a importância das análises de sedimento para a avaliação preliminar da qualidade ambiental de uma região específica, no caso, parte da bacia hidrográfica do Rio Tocantins.

A análise dos dados confirmou a baixa qualidade do sedimento nos pontos amostrados. Os dados encontrados nesta pesquisa são resultantes das ações antrópicas da comunidade que está no entorno do rio e, sobretudo, da ausência da cobertura vegetal, visto que esta possui um papel essencial na qualidade ambiental de todo recurso hídrico.

Nesse contexto, as seguintes variáveis indicaram uma condição pouco preservada de seu meio abiótico: teor de matéria orgânica dos sedimentos inferior a 10% em peso seco, nos dois períodos de coleta, pH ácido (média 5,65 no período chuvoso e 5,93 no período seco), que é característico de regiões de cerrado. As características granulométricas foram similares em todas as amostras.

Na análise de metais, os valores encontrados evidenciaram que os sedimentos do Rio Tocantins são importantes compartimentos acumuladores de cádmio e zinco, com concentrações superiores aos valores de PEL. No entanto, a contaminação por metais pesados, não é acentuada, uma vez que apenas cádmio e zinco apresentaram altas concentrações.

É necessário destacar que os resultados encontrados neste estudo somente sugerem a qualidade indicada nas discussões, sendo necessário o desenvolvimento de um plano de monitoramento limnológico contínuo para a coleta de dados que poderá ser utilizado na efetivação de um diagnóstico preciso. Vale enfatizar, no entanto, que os resultados obtidos, embora preliminares, podem posteriormente ser utilizados com o intuito de elaborar projetos descentralizados de melhoramento do uso e ocupação do Rio Tocantins.

Referências

ANTUNES, M. et al. Avaliação preliminar de impactos ambientais através da determinação de metais em sedimentos de bacias urbanas. In: **Engenharia de Sedimentos na busca de soluções para problemas de erosão e assoreamento**. Org. por Lima, J. E. F. e Werneck; Lopes, W. T. A. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Brasília, DF. 2011.

BAIRD, C. **Química Ambiental**. São Paulo: Bookman, 2002.

CAMPAGNA, Aline Fernanda. **Toxicidade dos sedimentos da bacia hidrográfica do rio monjolinho (são carlos-sp): ênfase nas substâncias cobre, aldrin e heptacloro**. 2005. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CASTRO, Taciana Melo de, et al. Aspectos Limnológicos e microbiológicos da água do médio curso do Rio Mearim – Maranhão, Brasil. In: **Pesquisas Multidisciplinares em saúde**. Org. por Silva et al. Ed. CRV, Curitiba, 2019.

COTTA, Jussara Aparecida Oliveira; REZENDE, Maria Olímpia Oliveira; PIOVANI, Mônica R. Avaliação do teor de metais em sedimento do rio Betari no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira: PETAR, São Paulo, Brasil. **Química Nova**, v. 29, n. 1, p. 40-45, 2006.

CONAMA. 2005. Resolução 357. 17 mar 2005. Brasília, 27p. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 07 set. 2020.

CONAMA, 2004. Resolução 344. 25 mar 2005. Brasília, 9p. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=445>. Acesso em: 07 set. 2020.

CRUZ, M. A. S.; SANTOS, L. T. S. O.; LIMA, L. G. L. M.; JESUS, T. B. Caracterização granulométrica e mineralógica dos sedimentos como suporte para análise de contaminação ambiental em nascentes do rio Subaé, Feira de Santana (BA). **Geochimica Brasiliensis**. v. 27, n. 1, p. 49-62, 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. Embrapa Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, DF: EMBRAPA; 2006. 306 p.

ENVIRONMENT CANADA. **Protocol for derivation of Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life**. Disponível em: <<http://www.ec.gc.ca/ceqg-rcqe/English/Ceqg/Sediment/default.cfm#pro>>. Acesso em: 01 nov. 2020.

FAITHFULL, N. T. **Methods in agricultural chemical analysis: a practical handbook**. Wallingford: CABI Publishing, 2002.

GASTALHO, C.; BARREIROS, I.; RIBEIRO, V. **Determinação do pH e acidez de uma amostra de solo**. Universidade de Coimbra. Licenciatura em Ciências Bioanalíticas, Hidrologia e Edafologia, 2009.

JUNQUEIRA, Rubens et al. **Índices de severidade de seca para a bacia hidrográfica do Rio Tocantins**. 2019.

LOPES, H. S. S. **Avaliação de atributos químicos e de bioindicadores da qualidade da água sob diferentes ações antrópicas na bacia do rio Canoas no Estado de Santa Catarina**. 2017. 128 f. Tese de doutorado em Ciência do Solo. Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages. 2017.

LORING, D. H.; RANTALA, R. T. T. Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate matter. **Earth-science reviews**, v. 32, n. 4, p. 235-283, 1992.

MOZETO, A. A. Coleta de sedimentos de ambientes aquáticos continentais, extração de águas intersticiais e determinação granulométrica. In: **Métodos de coleta, análises físico-químicas e ensaios biológicos e ecotoxicológicos de sedimentos de água doce**. Org. por MOZETO, A. A., UMBUZEIRO, G. A. e JARDIM, W. F, São Carlos: Cubo Multimídia, 2006.

MOZETO, A.A.; NASCIMENTO, M.R.L. do; SILVA, E.F.A.; FIORAVANTI, M.I.A. **Avaliação da contaminação por metais metalóides (água, sedimento e peixe) no Rio São Francisco em Três Marias (MG-Brasil): projeto de pesquisa participativa com a comunidade local**. Departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos, 2007.

SANTIAGO, Cristine Diniz; CUNHA-SANTINO, Marcela Bianchessi. Avaliação preliminar da qualidade dos sedimentos de duas nascentes, Córrego Espreado e Rio Monjolinho, São Carlos-SP. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 8, n.1, p. 77-92, 2014.

SILVA, C. M. R. **Estudo de Sedimento da Bacia Hidrográfica do Mogi- Guaçu, com ênfase na Determinação de Metais Pesados**. 2002. 98f. Dissertação (Mestrado) Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

SILVA, Tayanne Graciette Nascimento; SILVA, Maria Raimunda Chagas. Avaliação das Concentrações de Metais Pesados no Sedimento das Nascentes da Apa do Maracanã, São Luís – Ma. **Revista Quim. Nova**, 2015.

SCHMITZ, Michele; GIOVANOLA, Marcelo; SCHNEIDER, Vania Elisabete. **Avaliação Da Biodisponibilidade De Metais Em Sedimentos E Águas Superficiais Da Bacia Hidrográfica Do Rio Tega/Sul Do Brasil**.

WANG, Zhixiu et al. Heavy metals in water, sediments and submerged macrophytes in ponds around the Dianchi Lake, China. **Ecotoxicology and Environmental Jafet**, v. 107, p. 200-206, 2014.



5

CARACTERIZAÇÃO DO SEDIMENTO DO MÉDIO MEARIM EM BACABAL E SÃO LUÍS GONZAGA NO ESTADO DO MARANHÃO, BRASIL

CHARACTERIZATION OF THE MIDDLE MEARIM SEDIMENT IN BACABAL AND SÃO LUÍS GONZAGA IN THE STATE OF MARANHÃO, BRAZIL

Érika Luana Lima Durans¹

Neuriane Silva Melo²

Marylin Fonseca Leal de Farias Wetters³

Gilmárcia Pinheiro Pereira¹

Paulo de Jesus Pereira Neto²

Suzane Katy Rocha Oliveira⁴

Dyegila Karolinne Costa da Silva⁵

Anna Regina Lanner de Moura⁶

Maycon Henrique Franzoi de Melo⁷

Eduardo Henrique Costa Rodrigues⁸

Maria Raimunda Chagas Silva⁹

-
- 1 Mestre em Meio Ambiente, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 2 Mestranda em Meio Ambiente, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 3 Mestre em Engenharia Ambiental, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 4 Mestre em Biologia Parasitária, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 5 Mestre em Saúde da Família, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 6 Doutora em Educação, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 7 Doutor em Ciências Sociais, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 8 Doutor em Ciências Ambientais, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 9 Doutora em Química Analítica, Universidade Ceuma, São Luís-MA

Resumo

O Maranhão é um dos estados do Nordeste brasileiro que possui grande potencial hídrico, formado por bacias hidrográficas, lagos e águas subterrâneas que ocupam uma área territorial de 325.650 km². Devido a isso, o objetivo desta pesquisa foi estudar as variáveis físicas e químicas da Bacia do Médio Mearim em Bacabal e São Luís Gonzaga no Estado do Maranhão, por meio de análise de sedimentos. As coletas de água foram realizadas de forma linear obedecendo equidistância dos pontos dos dois municípios: Bacabal e São Luís Gonzaga, nas duas estações (seca e chuvosa) de 2020, foram realizadas análises das condições físicas, químicas com base em os métodos. As amostras foram transportadas para o Laboratório de Ciências Ambientais (LACAM) da Universidade Ceuma, para avaliação das propriedades físicas e químicas do sedimento e todas as medições de nutrientes e para o sedimento as amostras foram armazenadas em sacos plásticos e conservadas em caixas de isopor e enviadas ao laboratório para análise de: pH, fósforo total, nitrito, nitrato, cálcio e magnésio e granulometria, matéria orgânica, carbono orgânico, matéria inorgânica. Os resultados encontrados das análises mostraram que, nos dois municípios de São Luís Gonzaga e Bacabal da Bacia do Rio Mearim nos pontos amostrados, existe apenas a classe de textura arenosa, com predomínio de areia fina. Recomendado pela legislação, atingindo o valor até 7,23mg/L para SLG e 9,723mg/L para Bacabal. Assim, podemos afirmar que a potabilidade da água foi crítica quando comparada à outra estrutura citada, ainda que alguns dos parâmetros estivessem de acordo com a legislação vigente.

Palavras-chave: Limnologia; Rio; Sedimento; Mearim.

Abstract

Maranhão is one of the states in northeastern Brazil that has great freshwater potential, formed by hydrographic basins, lakes and groundwater that occupy a territorial area of 325,650 km². Due to this, the objective of this research was to study the physical and chemical variables of the Middle Mearim Basin in Bacabal and São Luís Gonzaga in the State of Maranhão, through sediment analysis. The water collections were carried out in a linear way obeying equidistance of the points in the two municipalities: Bacabal and São Luís Gonzaga, in the two seasons (dry and rainy) of 2020, analyzes of the physical, chemical conditions were carried out based on the Methods. The samples were transported to the Environmental Sciences Laboratory (LACAM) of the Ceuma University, for physical and chemical properties of the sediment and all nutrient measurements and for the sediment the samples were stored in plastic bags and preserved in Styrofoam boxes and sent to the laboratory for the analysis of: pH, total phosphorus, nitrite, nitrate, calcium and magnesium and granulometry, organic matter, organic carbon, inorganic matter. The results found of the analyzes showed that, in the two municipalities of São Luís Gonzaga and Bacabal in the Mearim River Basin at the sampled points, there is only the sandy texture class, with a predominance of fine sand. Recommended by legislation, reaching the value up to 7.23mg / L for SLG and 9.723mg / L for Bacabal. Thus, we can affirm that the potability of the water was critical when compared to the other structure cited, even though some of the parameters were in accordance with current legislation.

Keywords: Limnology; River; Sediment; Mearim.



1. INTRODUÇÃO

Nas últimas três décadas, o crescimento populacional e o desenvolvimento socioeconômico têm se intensificado no país. Conseqüentemente, o uso intensivo e não planejado dos recursos naturais tem provocado vários níveis de degradação ambiental, principalmente do solo e dos recursos hídricos (SILVA *et al.*, 2017).

As constantes mudanças provocadas pela variação climática e principalmente pelo uso indevido do solo pelo homem, tem provocado uma série de impactos negativos no meio físico gerando degradação, como por exemplo: erosão acelerada, assoreamento dos cursos de água, diminuição do volume de água, contaminação das águas superficiais e subterrâneas e aumento de impermeabilização no solo. O Maranhão é um dos estados do nordeste brasileiro que apresenta grande potencial hídrico de água doce, formado por bacias hidrográficas, lacustres e águas subterrâneas que chegam a ocupar uma área territorial de 325.650 km², apresentando genuinamente nove bacias hidrográficas, com rios caracterizados pela grande extensão e volume de água (BRASIL, 2013; CODEVASF, 2014).

Uma série de impactos negativos no meio físico gerando degradação, como por exemplo erosão acelerada, assoreamento dos cursos de água, diminuição do volume de água, contaminação das águas superficiais e subterrâneas e aumento de impermeabilização no solo. Este conjunto de processos acelerados e induzidos pela ação antrópica pode alterar, significativamente, a dinâmica natural da água em bacias hidrográficas. Em regiões estuarinas, a alteração no curso dos rios provocada pela hidrodinâmica de meandros ocasiona relevantes impactos ambientais, especialmente, pelo avanço da salinidade em direção ao continente (SELDOMRIDGE, 2009; SILVA *et al.*, 2019.)

A bacia hidrográfica do rio Mearim possui uma área de 99.058,68 km², correspondendo a 29,84% da área total do Estado. Sendo a maior entre todas as bacias hidrográficas do Estado. O rio Mearim, nasce na serra da Menina, entre os municípios de Formosa da Serra Negra, Fortaleza dos Nogueiras e São Pedro dos Crentes, em altitude de aproximadamente 650 m, onde recebe a denominação de ribeirão Água Boa, seguindo um longo trajeto na direção Sudoeste-Nordeste, tem como principais afluentes o rio Pindaré e o rio Grajaú, deságua no rio Mearim a cerca de 20 km da sua foz. No caso do rio Grajaú, este flui para o rio Mearim por meio do canal do Rigô encontrando o Mearim na área do Golfão Maranhense. Esta bacia compreende um total de 83 municípios, dos quais, 65 possuem sedes localizadas dentro dela, onde 50 municípios estão totalmente inseridos na bacia do Mearim (IBGE, 2010; SILVA *et al.*, 2019).

Outra problemática reside em atividades que promovem poluição, já que este impacto pode afetar consideravelmente as concentrações de compostos químicos meio aquático e, conseqüentemente afetar a qualidade dos sedimentos.

Podemos afirmar, portanto, que além de fonte de água para consumo humano e animal, como para desenvolvimentos comercial e turísticos, as águas desses rios são importantíssimas para futuras gerações, que devem ter por parte de todos, governos e população, uma política constante de conservação e preservação. O objetivo dessa pesquisa foi estudar as variáveis físico e químicas da Bacia do Médio Mearim em Bacabal e São Luís Gonzaga no Estado do Maranhão, através de análises do sedimento.

2. METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

O município de Bacabal teve sua autonomia política em abril de 1920, está inserido na Mesorregião Centro Maranhense, dentro da Microrregião do Médio Mearim, abrange uma área de 1.683km², com uma população de aproximadamente 99.960 habitantes e densidade demográfica de 59,39 habitantes/km², (IBGE 2010). Limita-se ao Norte com os municípios de Conceição do Lago-Açu, São Mateus do Maranhão e Bacabal, ao Sul com os municípios de São Luís Gonzaga, território deste município que, localizando-se à margem direita do rio Mearim.

A Figura 1 mostra a localização da bacia do rio nas cidades de Bacabal e São Luís Gonzaga, onde foi realizada a pesquisa. A Bacia foi delimitada pelas coordenadas geográficas e nomeadas em: Ponte (P1): 4°13'262"S e 44°46'21.131"O; Cajueiro (P2): 4°13'23.092"S e 44°46'10.493"O; Presídio (P3): 4°13'14.8S e 44°46'1.565"O; Matadouro (P4): 4°12'41.57"S e 44°46'23.482"O; Bomba SAAE (P5): 4°14'22.73"S e 44°46'22.254"O; Prainha (P6): 4°14'6.923"S e 44°46'21.154"O, todos os 6 pontos no município de Bacabal, e mais três pontos de coletas na cidade de São Luís Gonzaga, identificadas como: Bar Macaxeira (P1): 4°22'49.37"S e 44°40'26.59"O; Ponte SLG (P2): 4°22'38.84"S e 44°40'31.23"O; Bomba d'água (P3): 4°22'15.066"S e 44°40'29.83"O.

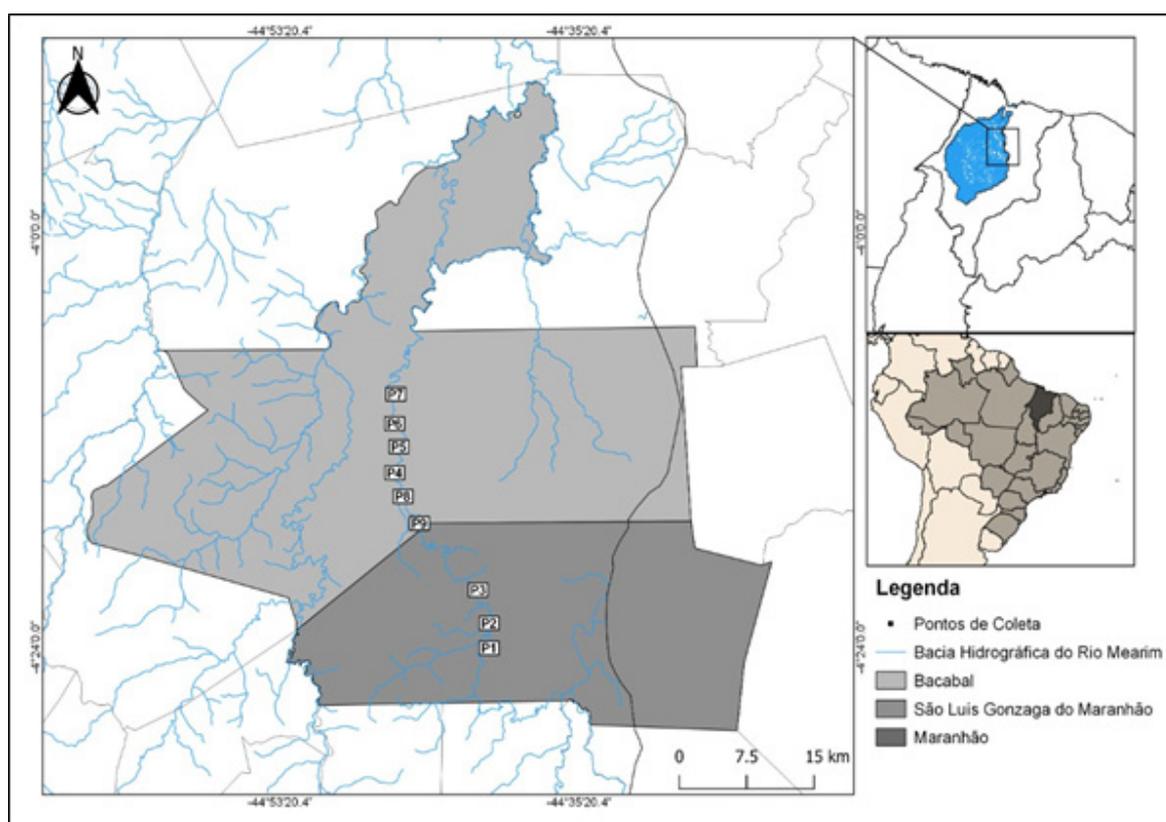


Figura 1. Localização da cidade de Bacabal e São Luís Gonzaga no Estado do Maranhão, com os respectivos pontos de coleta.

Fonte: Dados da pesquisa, (2022).

2.2 Coleta e Caracterização Físicas e Químicas do Sedimento

As coletas foram realizadas em áreas de remanso, onde ocorre maior acúmulo de ma-

terial fino, com o auxílio do tubo de PVC de 50 cm de comprimento e 5 cm de diâmetro. Os materiais retirados foram homogeneizados em balde de plástico e acondicionado em sacos plásticos etiquetados, mantidos em caixas de isopor e transportados para o para o laboratório de Ciências do Ambiente da Universidade Ceuma, para fins de caracterização física e química. Em laboratório foram determinadas a granulometria das amostras por meio de processamento mecânico em conjunto de peneiras, em combinação com a técnica de pipetagem (lei de Stocks) e classificação textural do material tendo como referência a escala granulométrica (SILVA *et al.*, 2017).

2.3 Análise Estatística

Análise de Componentes Principais (PCA) é uma técnica de reconhecimento de padrões que agrupa os elementos em classes (clusters), com base em suas semelhanças em uma classe e em diferenças entre classes de tamanhos diferentes. Os dados dos resultados do PCA ajudam a interpretar os parâmetros físico-químicas do sedimento. (HAJIGHOLIZADEH; MELESSE, 2017; SILVA *et al.*, 2020).

2.4 Procedimento experimental do sedimento do BRM

A determinação do teor de matéria orgânica nas amostras de sedimento foi realizada pelo método da calcinação com utilização da mufla. Inicialmente foi anotado o peso dos cadinhos de porcelana sem material e depois foram adicionadas 4 gramas de amostra de sedimento, após esse procedimento os cadinhos foram levados para a mufla a 600° por duas horas, após foram pesados novamente e os novos pesos foram anotados para a realização dos cálculos de matéria orgânica (SILVA, 2015; SILVA *et al.*, 2017).

$$\mathbf{M.O = [100 (P1-P2)] / A} \quad (\text{Eq. 1})$$

M.O= matéria orgânica;

P1= peso do cadinho seco;

P2= peso do cadinho calcinado

A= amostras

Para a determinação do carbono orgânico foi feita a secagem prévia das amostras em estufa a 105°C, por um período de 24 horas. Após esse período, as amostras foram peneiradas em uma peneira de 2 mm para em seguida pesada 4 gramas de cada amostra, que foram submetidas a calcinação por 5 horas a temperatura de 300°C, após calcinação pesar a amostra. Sendo que o teor de carbono orgânico foi determinado em razão da perda da massa do resíduo incinerado, de acordo com a seguinte fórmula (CARMO *et al.*, 2012; SILVA, 2015).

$$\mathbf{C=Mi-Mf} \quad (\text{Eq. 2})$$

C= carbono orgânico;

Mi= peso do cadinho inicial seco;

Mf= peso do cadinho calcinado final.

Para a determinação da granulometria utilizou o método da pipetagem para determinar a classificação textural das amostras. O procedimento iniciou com a secagem de 50 gramas da amostra por 24 horas em estufa a 70 C°. Após esse tempo adicionou-se 0,67

gramas do defloculante oxalato de sódio ($C_2Na_2O_4$), aguardou-se 24 horas para passar as amostras na peneira de 0,062 mm, e acrescentou-se água até completar 1000 ml de solução na proveta. Após o tempo de mais 24 horas iniciou-se a pipetagem de 20 ml da solução de cada amostra em quatro tempos diferentes; os tempos utilizados após a hora inicial foram: 3 minutos e 52 segundos, 14 minutos, 1 hora e 4 horas (SILVA, et al., 2017 e MUNIZ et al., 2020).

Para o procedimento da determinação dos nutrientes (**Nitrato- NO_3 , Nitrito- NO_2 e Fosforo Total – PT, Calcio e Magnésio**) - pesando-se 1g do sedimentos para cada nutriente, utilizando a mesma metodologia da análises da água fez-se a leitura no espectrofotômetro marca Hanna instrumets HI83200 Multiparameter Photometer (SILVA et al., 2017; MUNIZ et al., 2020).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização dos parâmetros físico-químicas do sedimento nos dois municípios São Luís Gonzaga e Bacabal do RBR

Os resultados dos parâmetros físico-químicos do sedimento do BRM nos pontos de amostragem estão apresentados nas Tabela 1.

Parâmetros	JAN/20		SET/20		NOV/20		DEZ/20	
	Estação Chuvosa		Estação Seco		Estação Seco		Estação chuvosa	
	Bacabal	SLG	Bacabal	SLG	Bacabal	SLG	Bacabal	SLG
pH	4,03±0,62	4,13±0,90	4,83±0,81	5,57±0,68	5,38±0,61	5,17±1,08	5,77±0,41	5,5±0,96
CO %	12±0,04	11±0,06	4,6±0,0	3,8±0,0	2,4±0,01	2,2±0,01	5,2±0,01	2,4±0,01
M.O%	33±0,31	11±0,05	49±0,27	33±0,23	20±0,04	19±0,03	21±0,04	21±0,04
M.I %	67±0,31	89±0,05	51±0,27	67±0,23	80±0,04	81±0,03	79±0,04	77±0,04
Areia%	70±0,12	78±0,05	49±0,18	58±0,11	54±0,23	59±0,21	76±0,04	72±0,06
Silte%	28±0,11	20±0,05	48±0,17	39±0,11	44±0,23	39±0,20	21±0,05	26±0,07
Argila%	2±0,01	2±0,01	3±0,01	3±0,0	2±0,01	2±0,01	2±0,0	2±0,01

Tabela 1. Caracterização granulométrica, pH, carbono orgânico, matéria orgânica e matéria inorgânicas. Nas cidades de Bacabal e São Luís Gonzaga (SLG).

Fonte: Autores (2022).

De acordo com os resultados observados, houve variações de pH considerando-se os valores encontrados na média dos seis pontos (Bacabal) e três pontos (SLG) na BRM, com seus desvios padrões nos quatro meses, estando apresentados na Tabela 3.

Os valores variados e sua média e desvio padrão para pH encontrado para o sedimento na estação chuvosa para Bacabal e SLG nos Jan/20 e Dez/20 (4,03±0,62 e 5,77±0,41) e estação seco Set/21 e Nov/21 (4,83±0,81 e 5,57±0,68).

Quanto ao pH, todas as medidas evidenciam que não houve semelhança estatística entre os dados ao longo do ano. Os Valores encontrados de pH (4,0 e 5,5) no rio Tocantins

são bem semelhantes aos demonstrados por outros estudos, demonstrando que são essencialmente ácidos, situação típica do latossolo de cerrado (DUTRA et al., 2020).

Para os valores de carbono orgânico (CO) encontrados foram encontrados para o sedimento na estação chuvosa para Bacabal e SLG no Jan/20 e Dez/20 ($2,4 \pm 0,01$ e $12 \pm 0,04$ %) para e estação seco Set/20 e Nov/20 ($2,4 \pm 0,01$ e $4,6 \pm 0,0$).

Para matéria orgânica (MO) e matéria inorgânica para o sedimento na estação chuvosa para Bacabal e SLG no Jan/20 e Dez/20 ($11 \pm 0,05$ e $33 \pm 0,31$ %) e MI ($67 \pm 0,31$ e $79 \pm 0,04$ %) e ($51 \pm 0,27$ e $81 \pm 0,03$ %) para e estação seco Set/20 e Nov/20 ($19 \pm 0,03$ e $49 \pm 0,27$ %) somente no período do mês de dezembro e setembro, na sazonalidade, estando acima de 10% considerado orgânico. Quanto às porcentagens de matéria orgânica e carbono orgânico não houve semelhança estatística entre os dados obtidos.

A caracterização da área, o tipo de solo e biota do rio, observando-se os dados da dureza do sedimento para o cálcio e magnésio, são variáveis de suma importância para as vidas aquáticas. Pela análise estatística das frações granulométricas dos sedimentos, verificou-se que foram distintas nos períodos chuvoso e seco.

Resultados semelhantes foram encontrados por Castro, et al., (2019) em uma das nascentes do seu estudo, com valores de MO variando de (0,60%) no período seco e (3,99%) no período chuvoso, encontraram valores diferentes em seu estudo acerca do Rio Mearim, com valores de MO variando, em sua maioria, de (10,09% a 18,23%,).

Para os valores de percentuais de areia na estação chuvosa e seca com variações entre ($49 \pm 0,18$ e $78 \pm 0,05$) observa-se a maioria dos pontos do leito do rio caracterizada como areia média e fina a soma das frações silte e argila, predominando a areia. Percentuais de silte ($20 \pm 0,05$ e $48 \pm 0,17$ %) e argila ($2 \pm 0,01$ e $3 \pm 0,01$ %) sendo todos os sedimentos composto por areia fina à média siltosa à argilosa.

As análises mineralógicas e texturais podem apontar a hidrodinâmica do sistema e as condições ambientais de sedimentação, bem como são fatores relevantes no controle da distribuição natural e antrópica dos elementos químicos que compõem o sedimento (CRUZ et al., 2013; DUTRA et al., 2020). Considerando-se que a área estudada é densamente povoada e não há boas práticas de uso e ocupação do solo, assim como infraestrutura para saneamento básico, os resultados sinalizam a prática de despejo de resíduos domésticos diretamente nos rios.

Comparando-se os resultados desta investigação com pesquisa similar, em relação aos dados de matéria orgânica do Rio Tocantins, conclui-se que esta advém, sobretudo, de processos erosivos das áreas que estão no entorno do rio, os quais são intensificados pela ausência de mata ciliar. Segundo Santiago e Cunha-Santino (2014), com os processos erosivos, os solos perdem parte de seus nutrientes e de sua matéria orgânica, corroborando, assim, para um sedimento essencialmente inorgânico.

3.2 Análise de componentes principais (ACP), no sedimento nos dois municípios do rio BRM.

Foi possível determinar a heterogeneidade espacial e temporal usando análise de componentes principais (ACP) que, claramente, separa os pontos de coleta em períodos seco e chuvoso reunindo em seis épocas de amostragem. Ainda segundo a PCA houve diferenciação entre os pontos nos meses de fevereiro e setembro, sendo considerados similares entre si, isso pode ser explicado através da proximidade com a época de amostragem.

Para SLG O eixo 1, que explica 25,50% das variações de pH, silte e argila no período chuvoso, enquanto o eixo 2 explica 38,60% das variações de areia, argila, matéria orgânica, carbono orgânico nos períodos de seco. Para Bacabal o eixo 1, que explica 20,90% das variações de pH, areia e matéria inorgânica e no período chuvoso enquanto o eixo 2 explica 45,50% das variações de argila, matéria orgânica, carbono orgânico e silte nos períodos de seco.

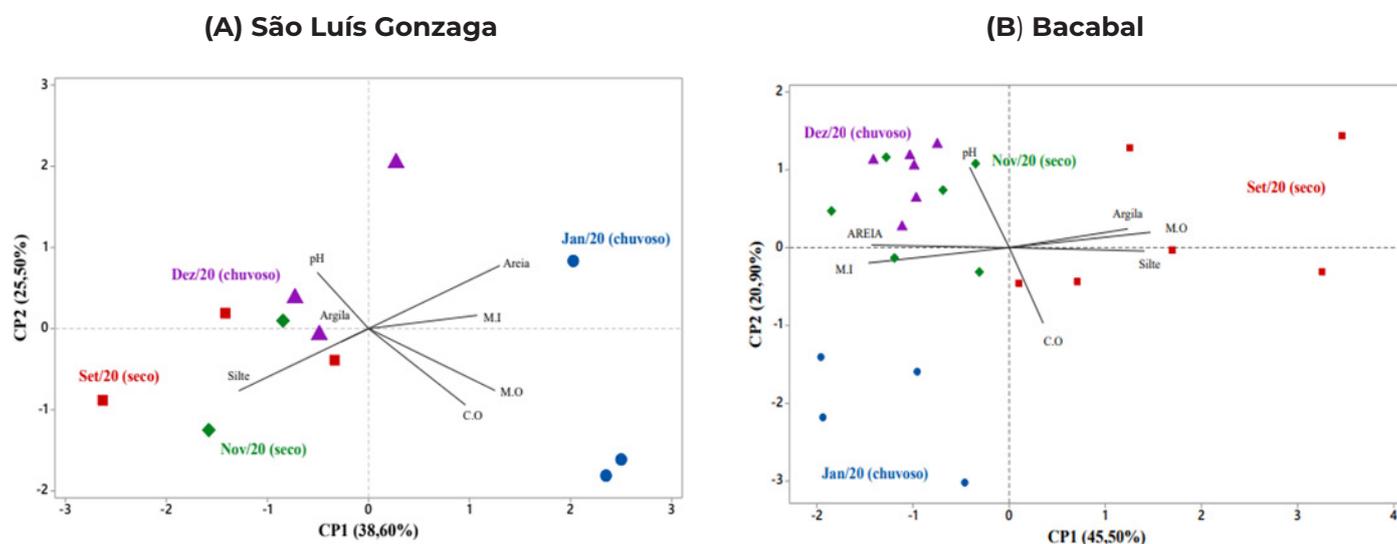


Figura 2. Análise de componentes principais. Avaliação físico-química do sedimento e meses estudados. CO (carbono orgânico), pH (potencial de hidrogênio) total), MO (matéria orgânica), MI (matéria inorgânica), Areia, silte e argila (%). **Fonte:** Autores (2022).

Com base nos autores, nota-se que a vegetação é fundamental para a manutenção da qualidade das águas, estabilidade e porosidade dos solos, pois evitam a erosão de terrenos e o assoreamento de corpos d'água. Resultados semelhantes foram encontrados por Braga et al., (2021) em um dos pontos do seu estudo, pela análise estatística das frações granulométricas dos sedimentos, verificou-se que foram distintas nos períodos chuvoso e seco. As maiores porcentagens de areia variam entre $(65,63 \pm 0,51)$ e $(71,29 \pm 30\%)$. Observa-se que na cidade de Bacabal e SLG tem-se uma região com muita abundância de água nos pontos de coletas (P1 ao P6), porém são áreas que tem um acúmulo de impactos contaminantes e poluídos como devido aos altos níveis de desmatamentos das matas ciliares nas margens do rio, causando assoreamento e erosão nas áreas da bacia e derramamentos de óleo diesel das canoas além de vários insumos de garrafas petes e sacos plásticos que são locais de áreas de lazer e o ponto P6 da cidade de Bacabal são onde fica o matadouros e com acúmulo de urubus e causa doenças hídricas e tudo isso ocorrem em grandes problemáticas ao leito do rio e causando impacto ao ecossistema aquático da BRM.

Assim observou-se a variação temporal dos parâmetros estudados pode ser confirmada através da separação dos meses e agrupamentos dos pontos de amostragem.

4. CONCLUSÃO

A variação dos índices pluviométricos durante o ano altera diretamente os elementos presentes no corpo hídrico estudado. Fazendo com que variações nas concentrações dos componentes ambientais crie cenários específicos para esse ecossistema. A caracterização dos sedimentos físico-químicos do Rio Mearim nos dois municípios de São Luís

Gonzaga e Bacabal, levando em consideração os tributários do rio, com as informações de sazonalidade na estação chuvosa e seca.

Esta pesquisa contribui com a formação de um banco de dados das características físico químicas, que possam auxiliar em futuros trabalhos de alunos e profissionais que atuam na área de tratamento e qualidade da água, e serve como subsídio para a tomada de decisão pela sociedade e autoridades em geral, que buscam a preservação do meio ambiente e dos recursos naturais, em específico o Rio Mearim que contribui como fonte de alimento e renda para muitos que vivem em suas margens, principalmente a cidade de SLG.

Sendo assim podemos afirmar que a potabilidade da água apresentou críticas quando comparadas com outra estrutura citada, mesmo tendo alguns dos parâmetros de acordo com a legislação vigente. Atividades políticas como saneamento básico e desenvolvimento socioeconômico com o meio ambiente, são medidas que podem melhorar a qualidade do Rio Mearim, como informes do comitê de bacia.

Referências

- ABNT. 1984. Solo - **Análise granulométrica**. Brasília, ABNT, NBR NO 32/7181,106p.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. **Geodiversidade do Estado do Maranhão**. Teresina, 2013.
- CARMO, D. L. D., & SILVA, C. A. (2012). Métodos de quantificação de carbono e matéria orgânica em resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 36(4), 1211-1220.
- CASTRO, Taciana Melo de et al. Aspectos Limnológicos e microbiológicos da água do médio curso do Rio Mearim – Maranhão, Brasil. In: **Pesquisas Multidisciplinares em saúde**. Org. por Silva et al. Ed. CRV, Curitiba, 2019.
- COSTA, D.D.; KEMPKA, A. P.; SKORONSKI, E. A contaminação de mananciais de abastecimento pelo nitrato: o panorama do problema no Brasil, suas consequências e as soluções potenciais. The contamination of freshwater by nitrate: the background of the problem in Brazil, the consequences and th. **REDE-Revista Eletrônica do PRODEMA**, v. 10, n. 2, 2017.
- CRUZ, M. A. S.; SANTOS, L. T. S. O.; LIMA, L. G. L.M.; JESUS, T. Caracterização granulométrica e mineralógica dos sedimentos como suporte para análise de contaminação ambiental em nascentes do rio Subaé, Feira de Santana (BA). **Geochimica Brasiliensis**. v. 27, n. 1, p. 49-62, 2013.
- DA SILVA, Maria Aparecida; VARGAS, Reinaldo Romero. Análise de fósforo e em amostras de águas naturais no município de Guarulhos. **Revista Educação-UNG-Ser**, v. 11, n. 3 ESP, p. 81, 2017.
- DUTRA, M.L.S.; SILVA, M.R.C.; SILVA, D.F. **Avaliação Físico-Química do Sedimento na Porção Nordeste da Bacia Hidrográfica do Rio Tocantins**. Trabalho de Conclusão de Curso, São Luís, 2020.
- HAJIGHOLIZADEH, M., & MELESSE, A. M. (2017). Assortment and spatiotemporal analysis of surface water quality using cluster and discriminant analyses. **Catena**, 151, 247- 258.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Histórico de cidades, 2010. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: 21 ago. 2020.
- MUNIN, R. M. et al. Relação do fosfato com a formação e degradação da matéria orgânica no sistema hídrico que cruza o município de Mogi das Cruzes (São Paulo, Brasil). **Anais do Encontro Nacional de Pós-graduação**, v. 1, n. 1, p. 469-473, 2017.
- MUNIZ, J. N., Duarte, K. G., Braga, F. H. R., Lima, N. S., Silva, D. F., Firmo, W. C., ... & Silva, M. R. C. (2020). Limnological Quality: Seasonality Assessment and Potential for Contamination of the Pindaré River Watershed, Pre-Amazon Region, Brazil. **Water**, 12(3), 851.
- SANTIAGO, C. D.; CUNHA-SANTINO, M. B. Avaliação preliminar da qualidade dos sedimentos de duas nascentes, Córrego Espreado e Rio Monjolinho, São Carlos-SP. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 8, n. 1, p.77-92,2014.

SELDOMRIDGE, Emily Dawn. Importance of channel networks on nitrate retention in freshwater tidal wetlands, Patuxent River, Maryland. **Diss.** 2009

SEMATUR. 1991. **Diagnóstico dos Principais Problemas Ambientais do Estado do Maranhão.** Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Turismo, São Luís, p.19.

SILVA, T. G. N.; SILVA, M. R. C. Avaliação das Concentrações de Metais Pesados no Sedimento das Nascentes da APA do Maracanã, São Luís- MA. **Quim.nova**, vol- 2015.

SILVA, M. R. C. et al. A. Qualidade da água da bacia do rio Pindaré, nos trechos correspondentes aos municípios de Pindaré-Mirim, Tufilândia e Alto Alegre no estado do Maranhão. **Revista Águas Subterrâneas**, v.31, n.4, p.347-354, 2017.

SILVA, M. R. C., RODRIGUES, E. H. C., DE CARVALHO, T. R., PEREIRA, M. A. A., & da Silva, I. P. Avaliação das Concentrações de Metais Totais no Sedimento do Médio Curso Do Rio Mearim Em Bacabal-Ma, **V.Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**,2014.

SILVA, S. H. P., GONÇALVES, M. M., BRAGA, F. H. R., LIMA, N. S., NETO, W. R. N., NUNES, M. A. S., ... & SILVA, M. R. C. (2020). **Environmental Impact of Agrochemical uses on the Island's Agricultural Production Area in Maranhão, Brazil.**

SILVA, et al. **Avaliação das concentrações dos metais pesados na água superficial do Rio Santo Antônio.** 2017



6

ESTUDO LIMNOLÓGICO DA BACIA DO BAIXO MEARIM, EM ARARI, COM ÊNFASE NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICA

*LIMNOLOGICAL STUDY OF THE LOWER MEARIM BASIN, IN ARARI, WITH EMPHASIS
ON PHYSICO-CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS*

Maria Raimunda Chagas Silva¹
Augusto Hipólito Chagas Freato²
Paulo de Tarso Silva Barros³
Edilson Santos Castro⁴
Bruna Katarina Bezerra Paz⁵
Jadenn Rubia Lima Costa⁵
Adrielle Zagnignan⁶
Alexsandro Ferreira dos Santos⁷
Andrea de Souza Monteiro⁸
Victor Elias Mouchrek Filho⁹

-
- 1 Doutora em Química Analítica, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 2 Medicina, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 3 Doutor em Fisiologia, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 4 Biomédico, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 5 Mestre em Meio Ambiente, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 6 Doutora em Biodiversidade e Biotecnologia, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 7 Doutor em Ciências da Saúde, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 8 Doutora em Ciências Biológicas, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 9 Doutor em Química, Universidade Ceuma, São Luís-MA

Resumo

As constantes mudanças provocadas pela variação climática e principalmente pelo uso indevido do solo pelo homem, tem provocado uma série de impactos negativos no meio físico gerando degradação. O objetivo desta pesquisa foi estudar as variáveis Limnológicas da Bacia do Médio Mearim em Arari no Estado do Maranhão, através de análises da qualidade da água. As coletas da água foram realizadas de forma linear obedecendo à equidistância dos pontos nos dois períodos sazonais de 2021 e com base nos Métodos para as Análises de Águas, Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. As amostras foram transportadas ao laboratório de Ciências do Ambiente (LACAM) da Universidade CEUMA, para determinar as propriedades físicas e químicas e nutrientes presentes na água e foram realizadas observando os seguintes parâmetros: temperatura da água, turbidez, condutividade, potencial hidrogeniônico, nitrogênio total, nitrito, nitrato, fosforo total, sólido total dissolvido oxigênio dissolvidos e Demanda bioquímica de oxigênio. Os resultados obtidos de fósforo, nitrato e oxigênio dissolvidos e demanda bioquímica de oxigênio da água estão acima da resolução recomendado pela Resolução CONAMA 357/05 como é o caso do pH. Os resultados das análises microbiológicas realizadas para coliformes totais e termotolerantes da água da bacia do Rio Mearim permitiram verificar que, houve a proliferação de coliformes totais e *E. coli* ou termotolerantes em todos os pontos e períodos chuvosos e secos. Sendo assim podemos afirmar que a potabilidade da água apresentou críticas quando comparadas com outras literaturas citadas, mesmo tendo alguns dos parâmetros de acordo com a legislação vigente.

Palavras-chave: Limnologia; Rio; Bacteriológica.

Abstract

The constant changes caused by climate variation and mainly by the improper use of the soil by man, has caused a series of negative impacts on the physical environment, generating degradation. The objective of this research was to study the Limnological variables of the Médio Mearim Basin in Arari in the State of Maranhão, through analyzes of water quality. Water collections were carried out in a linear fashion, obeying the equidistance of the points in the two seasonal periods of 2021 and based on the Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. The samples were transported to the Laboratory of Environmental Sciences (LACAM) at the CEUMA University, to determine the physical and chemical properties and nutrients present in the water and were carried out observing the following parameters: water temperature, turbidity, conductivity, hydrogen potential, total nitrogen, nitrite, nitrate, total phosphorus, total dissolved solid dissolved oxygen and Biochemical oxygen demand. The results obtained for phosphorus, nitrate and dissolved oxygen and the biochemical oxygen demand of the water are above the resolution recommended by CONAMA Resolution 357/05, as is the case with pH. The results of the microbiological analyzes carried out for total and thermotolerant coliforms in the water of the Mearim River basin allowed us to verify that there was a proliferation of total coliforms and *E. coli* or thermotolerants in all points and rainy and dry periods. Therefore, we can say that the potability of water was criticized when compared to other cited literature, even though some of the parameters are in accordance with current legislation.

Keywords: Limnology; River; Bacteriological.



1. INTRODUÇÃO

Atualmente um dos grandes desafios da humanidade é sobreviver com a escassez dos recursos hídricos decorrente do uso intensivo e da baixa qualidade da água. A utilização desenfreada desse recurso vem ocasionando diversos problemas ambientais, bem como alterações na quantidade e na qualidade da água drenada (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

Embora o Brasil seja um dos países que se destaca com uma enorme riqueza de recursos hídricos naturais, com cerca de 13,7% de toda a água mundial. O Estado do Maranhão não fica tão excluído desse imenso tesouro, se destacando aí por ser um detentor de grande potencial hídrico no país, composto principalmente por bacias hidrográficas, bacias lacustres e águas subterrâneas, além de possibilitar grande navegabilidade, devido ao tipo de relevo que é de planície.

O Estado do Maranhão apresenta dez bacias hidrográficas, dentre elas, três bacias de domínio federal, sete bacias de domínio estaduais, além de dois sistemas de domínio federal. A bacia hidrográfica dos rios que drenam o território total do Maranhão, ocupando uma área de 202.203,50 km², aproximadamente 60,90% do território estadual (NUGEO, 2016). E em sua maioria, pertencem à bacia do Norte e Nordeste, no qual faz parte o rio Parnaíba, o maior entre os que limitam o Estado do Maranhão, localizado na fronteira com o Estado do Piauí, os rios Gurupi e Grajaú. Destacam-se ainda como os mais importantes afluentes os rios Itapecuru, Munin, Turiaçú, Maracaçumé, Preguiças, Peria e Mearim, cuja suas denominações referem-se não só aos seus corpos hídricos como também se estende as suas bacias respectivamente (NUGEO, 2016).

A Bacia Hidrográfica do Rio Mearim, é a maior bacia que banha o estado, com uma extensão de 99,000km² aproximadamente, distribuída em todo o território maranhense, englobando uma área de 30%, localizada na região central do estado do Maranhão. Compreendida principalmente pelo rio o Grajaú, rio Pindaré, rio Das Flores, rio Corda e rio Mearim, este último se sobressai por ser o maior curso d'água dessa bacia. O escoamento desses rios segue um largo trajeto rumo a região Sudoeste-Nordeste (MARANHÃO, 2014; CODEVASF, 2019).

O Rio Mearim, é também denominado "Izu" pelos índios guajajáras, que tem como significado "rio de águas pardacentas" por arrastar considerável quantidade de material em suspensão presente neste rio maranhense (SILVA *et al.*, 2019). Localizado no município de Arari, que se estende por 1 100,3 km² e conta com 28.488 habitantes de acordo com o último censo (2010). Se localiza a 162km da capital do Estado, São Luís, pertence a microrregião denominada Baixada Maranhense e tem como principais atividades geradoras de renda a agricultura e a pecuária (IBGE, 2017).

Outro importante afluente é o rio Pindaré, se destacando como o principal corpo d'água do rio Mearim, situado as margens direitas deste, nascido nos arredores da cidade de Montes altos e amaranto do Maranhão, na serra do Gurupí, ditas como um divisor de águas entre as bacias hidrográfica dos rios Mearim e Tocantins, em uma reserva indígena denominada Krikati, se estendendo cerca de 4466,3 Km até despejar no rio Mearim, próximo a bacia de São marcos (MUNIZ *et al.*, 2020).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área estudo

A área estudada da Bacia do Mearim está situada no município de Arari localizado ao norte maranhense na Figura 1. O município possui uma população de aproximadamente 28.477 habitantes e uma densidade demográfica de 25,89 habitantes/km² (IBGE, 2019). Foram realizadas 4 coletas em 6 pontos, nos períodos chuvosos (Março e Junho) e secos (Setembro e Novembro) em 2021 e na Figura 2 está a apresentado os meses de estudos da precipitação, temperatura (INMET, 2021).

A Bacia é delimitada pelas coordenadas geográficas e nomeadas os seis pontos de coletas : (P1)-Bomba de captação: 3°29'36.2»S e 44°48'14.8»W; (P2)-Ponte Nema: 3°29'22.9" S e 44°49'12.4"W; (P3) Ponto de Santana: 3°28'23.7"S e 44°46'00.8"W; (P4) Local Bonfim 3°28'23.7"S e 44°46'00.8"W; (P5) Curral da igreja: 3°28'23.4"S e 44°46'00.3"W; (P6)-Curral 3°27'57.2"S e 44°47'32.4"W.

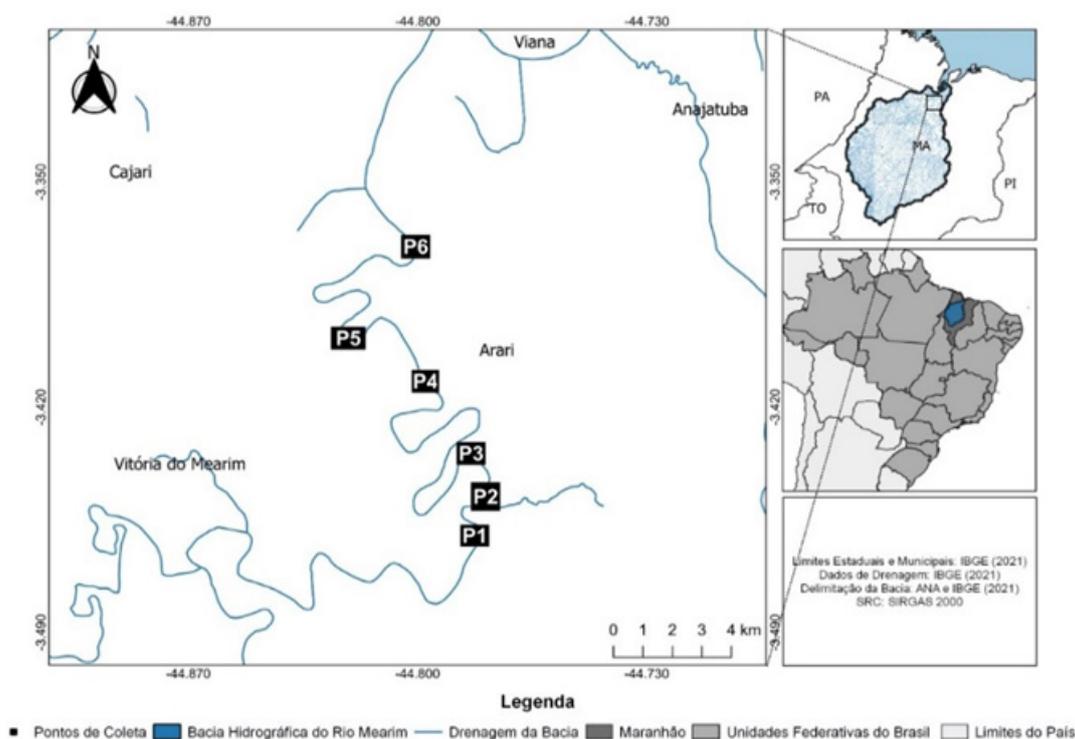


Figura 1. Mapa da localização da área de estudo. Fonte: Autores (2022).

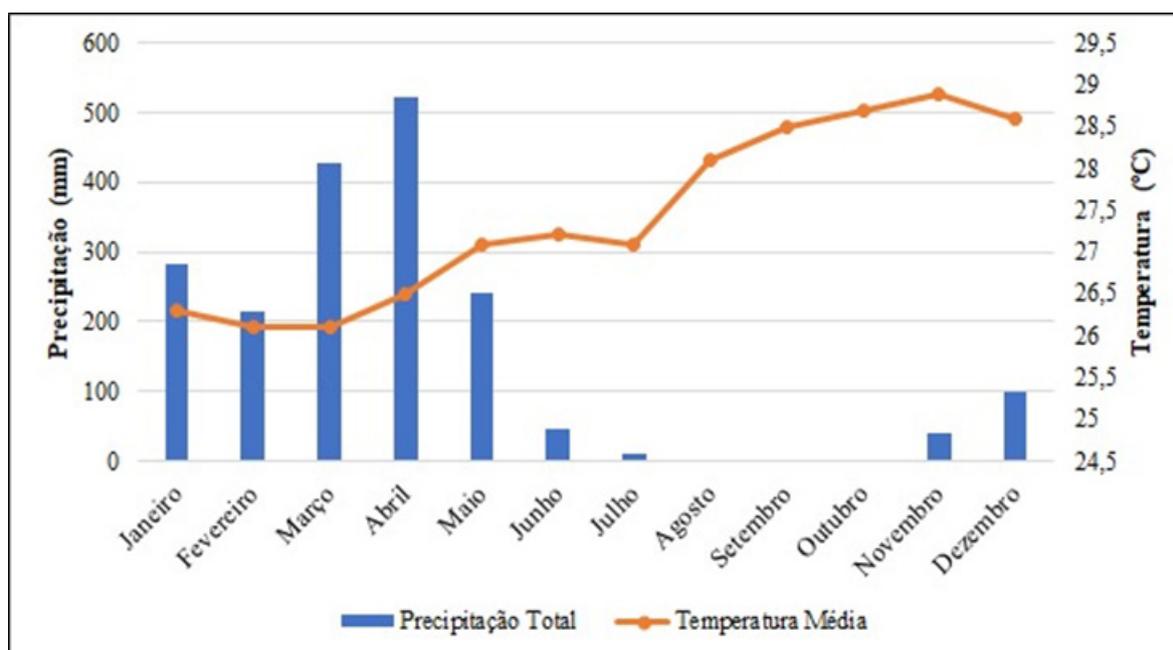


Figura 2. Precipitação, temperatura aos meses avaliados durante o estudo.

Fonte: (INMET, 2021).

A série temporal dos dados climáticos, nos doze meses do ano de 2021, ressalta que o clima da região apresenta uma marcante diferença entre o período chuvoso e o seco. Os picos de precipitação e temperatura estão relacionados à maior ocorrência de chuvas nos meses de janeiro, março e abril. Desta forma, as coletas foram realizadas nos meses de março, junho e setembro, novembro do período 2021.

2.2 Coleta e análise de água

As coletas da água foram realizadas de forma linear obedecendo equidistância dos pontos no período (seco e chuvoso) de 2021, foram realizadas análises das condições físicas, químicas com base nos Métodos para as Análises de Águas, Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012). Após a coleta os frascos foram transportados ao laboratório de Ciências do Ambiente (LACAM) da Universidade Ceuma a qual as medidas foram realizadas das propriedades físicas e químicas da água e todas as medidas dos nutrientes presentes na água foram realizadas a partir de réplicas dos parâmetros analisados: temperatura da água (°C); turbidez (NTU) condutividade (CE); potencial hidrogeniônico (pH), nitrogênio Total (NT), nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-), fosforo total (PT), sólido total dissolvido (TDS), oxigênio dissolvidos (OD).

2.3 Procedimento experimental para análise da água do BRM

Para as leituras das medidas das variáveis de turbidez, pH (potencial hidrogeniônico), Condutividade Elétrica, Sólidos Totais Dissolvidos (TDS), Salinidade, Oxigênio Dissolvido (OD), DBO_5 (foram medidas no multiparâmetro modelo-HORIBA U-50).

Para a análise de nitrito, adicionaram-se 5mL da amostra e 5 mL da solução contendo Ácido Fosfórico, em seguida adicionou-se 2 gramas de Sulfanilamida, após a adição, as amostras foram homogeneizadas e mantida em repouso por 9 minutos. Quanto a análise de Nitrato, adicionou-se em 5 mL de amostra, 5 mL da solução de Ácido Fosfórico e 4 gra-

mas de Sulfanilamida, a amostra foi mantida em repouso por 9 minutos.

Para a análise de Nitrogênio total, O método do indofenol foi baseado no procedimento descrito na literatura. O destilado foi transferido para um balão volumétrico de 50 mL e avolumado com água. No bloco digestor foi previamente aquecido a 150 °C. Cerca de 50 mL de amostra foram transferidos para o tubo digestor e adicionados 5 mL da solução ácida digestora, contendo o ácido Sulfúrico 1N (H_2SO_4) a temperatura ebulição mantida a 150 °C por 1 h. Após deixar amostra esfriar e fazer o procedimento, adicionados 2 mL de nitroprussiato de sódio + fenol e, após homogeneização, foram adicionados 2 mL da solução de hipoclorito de sódio + hidróxido de sódio. O volume foi completado com água e a mistura novamente homogeneizada. A mistura foi mantida em repouso por 30 min para desenvolvimento da cor e fazer a leitura da concentração no espectrofotométrica, comprimento de onda de 75 nm.

Para a determinação de Fósforo total na água, foram adicionadas 5 gotas de uma solução contendo Mobiliado de Amônio + tartarato de Antimônio e Potássio, em 10 ml de água, em seguida adicionou-se 1 espátula de Ácido Ascórbico posteriormente, a solução foi homogeneizada e mantida em repouso por 5 minutos.

A determinação da dureza de Cálcio e Magnésio foram adicionadas a 5 gotas da solução contendo Hidróxido de Sódio 0, 1N e Ácido Etilenodiamino Tetra-acético (EDTA), em 5 mL de cada amostra, em seguida adicionou-se 0,5 grama do indicador de Morexida, na amostra de Cálcio e 1 grama do Negro de Ericromo na amostra de Magnésio, ambas as soluções foram homogeneizada e mantida em repouso por 5 minutos. A leitura das soluções dos parâmetros de Nitrogênio Total (NT), Nitrito (NO_2), Nitrato (NO_3), Fosforo Total (PT), Dureza de Cálcio ($CaCO_3$) e Dureza de Magnésio ($CaCO_3$ Mg), foram através do Fotometro Hanna instrumets HI83200 no comprimento de onda 220nm (SILVA et al., 2017; SOUZA et al., 2019).

As análises microbiológicas (coliformes/ termotolerantes) foram obtidas através do Kit Colitest®, onde foi adicionado o Colitest® em cada uma das representativas amostras e incubadas em estufa á 37°C de 18 horas. Após esse período foi avaliado qualitativamente a presença de coliformes termotolerantes. Para a quantificação dos coliformes termotolerantes foram semeados nas amostras no meio de cultura Ágar EMB e incubados por um período de 24 horas para avaliação e quantificação das colônias (SILVA et al., 2019).

2.4 Análise Estatística

O método de análise multivariada é amplamente aplicado para classificação da interpretação de grandes conjuntos de dados, reduzindo o complexo conjunto de dados com a perda mínima da informação original. Análise de Componentes Principais (PCA) é uma técnica de reconhecimento de padrões que agrupa os elementos em classes (clusters), com base em suas semelhanças em uma classe e em diferenças entre classes de tamanhos diferentes. Os dados dos resultantes do PCA ajudam a interpretar os parâmetros físico-químicas da água (MUNIZ et al., 2020; SILVA et al., 2020).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Avaliações dos parâmetros físico-químicas da água do rio

Os resultados dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos permitiram uma interpretação da qualidade da água do Rio Mearim, considerando como parâmetro de com-



paração os valores limites estabelecidos na Resolução nº 357/05 do CONAMA para a classe 2. Os pontos de amostragens estão apresentados nas Tabela 1.

Tabela 1. Determinação dos Parâmetros Físico-Químicas da água do Rio Mearim, localizada em Arari-MA no período sazonal referente a média das quatro coletas de 2021.

Parâmetros	Março/21 (M ± DP)	Junho/21 (M ± DP)	Setembro/21 (M ± DP)	Novembro/21 (M ± DP)	CONAMA 357/05*
Temperatura (°C)	29,28±0,17	30,35±0,76	24,44±0,18	29,97±0,24	20,0 a 33(°C)
pH	6,25±0,03	5,52±0,07	7,68±0,53	7,84±0,14	6,5 a 9,0
CE (µS/cm)	122,70±48,91	127,17±7,06	171,64±15,58	183,05±14,76	1-100 µS/cm
Turbidez (NTU)	9,61±0,9	8,18±0,8	10,53±1,71	12,73±1,74	≤500UNIT
Salinidade (ppt)	1,0±0,9	1,11±0,7	1,08±0,08	2,48±0,56	>0,5% a <30%
TDS (mg/L)	96,2±8,3	82,67±4,68	98,40±7,08	106,25±9,01	500 mg/L
Dureza Ca ⁺² Ca CO ₃ (mg/L)	104,5±15,2	86±13,21	96±12,91	134,4±21,9	40 a 170 mg L ⁻¹
Dureza Mg ⁺² (mg/L)	0,08±0,10	0,99±0,13	1,26±1,7	0,71±0,24	40 a 170 mg L ⁻¹
NT	0,12±0,01	0,14±0,01	0,40±0,09	0,52±0,04	3,7 mgL ⁻¹ N, para pH ≤ 7,5
NO ₂ ⁻ (mg/L)	0,95±0,14	0,88±0,15	0,97±0,14	0,96±0,11	1,0 mg/L
NO ₃ ⁻ (mg/L)	14,61±2,2	14,44±2,1	14,28±1,69	15,10±1,24	10 mg/L
PT (mg/L)	1,61±0,32	1,92±0,31	1,83±0,22	1,63±0,06	1,0 mg/L
OD (mg/L)	2,71±1,3	4,61±2,07	9,81±0,51	9,83±0,52	5,0 mg/L
DBO _{5 dia} (mg/L)	11,38±1,67	12,42±1,25	12,57±0,79	11,97±1,20	Até 5 mgL ⁻¹

T -Temperatura. SAL – Salinidade, STD – Sólidos Dissolvidos Totais, EC , NTU – Turbidez, OD – Oxigênio Dissolvido, DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio, PT – Fósforo Total, NT – Nitrogênio Total, NO₂ – Nitrito, NO₃ – Nitrato, PT – Fósforo total, pH – Potencial Hidrogeniônico. Fonte: Autores (2022).

Os resultados obtidos da temperatura do Rio em Mearim apresentaram-se com valores variando realizada nos pontos de P1 a P6. Os parâmetros envolvidos dessa pesquisa estão distribuídos os valores entre máximo e mínimo nos períodos chuvoso e seco, temperatura nos seis pontos (29,28±0,17 a 30,35±0,76) e seco a mediana variando entre (24,44±0,18 a 29,97±0,24).

Para o pH obteve variações nos pontos P1 e P6 entre (5,52±0,07 a 6,25±0,03) e (7,68±0,53 a 7,84±0,14) percebe-se que são significativos os valores onde suas características ácidas estão dentro do permitidos na resolução CONAMA 357/05 que são (6 a 9) pH em corpos hídricos de classes 2.

Desta forma observou-se uma pequena variação insignificante, indicando um meio ácido, com médias variando entre 5,52±0,07 e 4,72±0,54 respectivamente, que segundo Arruda (2016), a explicação é pela presença de matéria orgânica em decomposição no rio

e Silva et al. (2021) em um estudo similar apresentou variação entre 6,71 e 7,61 em suas amostras, quando comparada a esta pesquisa verifica se que teve o pH abaixo, variando entre 4,19 e 6,28. As alterações fisiológicas causada em diversos organismos são devidos a variação de pH nas águas dos rios, apontam contaminação proveniente principalmente de fontes de poluição industriais, além de favorecer a dissolução e precipitação de compostos como metais pesados, podem ser altamente tóxicos (MUNIZ *et al.*, 2020).

Para a condutividade variaram de (122,70±48,9 a 127,17±7,06 $\mu\text{S}/\text{cm}$) e seco foi de (171,64±15,58 a 183,05±14,76 $\mu\text{S}/\text{cm}$) em todos os pontos amostrais estão maiores que o permitido mais são aceitáveis de 1-100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e para Sólidos Totais Dissolvidos (TDS) teve valores bem significativos para chuvoso entres (82,67±4,68 a 96,2±8,3 mg/L) e seco (98,40±7,08 a 106,25±9,01 mg/L). A salinidade em todos os pontos nos dois períodos estão acima do permitido que é de até 0,5%, isto é, essas áreas são influências da entrada da foz do golfão onde ocorrem o fenômeno da pororoca. Os sólidos totais dissolvidos na água estão associados de forma direta a turbidez, uma vez que afeta a coloração e diminui a penetração da luz, quando ultrapassam os valores máximos permitidos.

Para turbidez para chuvoso entres (8,18±0,8 a 9,61±0,9 mg/L) e seco (10,53±1,71 a 12,73±1,74 mg/L). A turbidez é diretamente proporcional a cor, pois é através de partículas em suspensão na água que é possível verificar alteração na coloração e na turbidez influenciadas por partículas decorrentes da poluição, provenientes de despejos de diversos tipos de resíduos no corpo hídrico (FERNANDES *et al.*, 2011).

Em contrapartida, as durezas de Calcio e Magnésio foram satisfatórias com variações na estação chuvoso Ca^{+2} (86±13,21 a 104,5±15,2 mg/L) e seco foram de Ca^{+2} (96±12,91 a 134,4±21,9 mg/L) para Mg^{+2} (0,08±0,10 a 0,99±0,13 mg/L) e seco foram de Mg^{+2} (0,71±0,24 a 1,26±1,70 mg/L) estando todos dentro dos valores permitidos nas duas estações.

Para os valores obtidos para nutrientes (nitrogênio total, nitrito e nitrato e fosforo total) nos dois períodos ambas as análises atendem aos valores máximos permitidos de 10mg/L para nitrato e 1,0 mg/L para nitrito chuvoso 0,88±0,15 a 0,95±0,14 mg/L) e nitrato chuvoso (14,44±2,1 a 14,61±2,2 mg/L) e para seco nitrito (0,96±0,11 a 0,97±0,14 mg/L) e nitrato (14,28±1,69 a 15,10±1,24 mg/L). Para os valores de nitrogênio obteve-se variações entres os períodos chuvoso foram (0,12±0,01 a 0,14±0,01 mg/L) e seco (0,40±0,09 a 0,52±0,04 mg/L, estão abaixo do permitido, porém tem grande significativo no ecossistema

A concentração de fosforo total nas amostras os resultados estiveram entre (1,61±0,32 a 1,92±0,31 mg/L) e seco (1,63±0,06 a 1,83±0,22 mg/L) com valores em alguns pontos estão acima dos permitidos que é até 1,0 mg/L. Estão a média entre os pontos ficaram acima do permitido. O fósforo total, é um composto encontrado em adubos químicos, detergentes, matéria orgânica e que também indica a presença de esgotos que pode estar sendo lançado no corpo d'água, segundo o autor o excesso de fósforo pode ser explicado pelo lançamento de matéria orgânica por efluentes industriais, esgotos domésticos ou até mesmo matéria orgânica natural devido a decomposição da vegetação ao redor da nascente.

O nitrato é encontrado em pequenas quantidades, em águas superficiais e em níveis elevados em águas subterrâneas, sendo a principal forma de nitrogênio encontrada nas águas e, quando em elevadas concentrações, pode indicar um processo de eutrofização, já que é uma das principais fontes de nitrogênio.

Para Oxigênio Dissolvido as variações para período chuvoso foram de (2,71±1,3 a 4,61±2,07 mg/L) e para período seco foram entre (9,81±0,51 a 9,83±0,52 mg/L) observando que todos os pontos estão fora do padrão estabelecidos pela CONAMA 357/05 que é de no mínimo 5,0 mg/L de oxigênio dissolvidos em corpos hídricos de classes 2.



Para Demanda Bioquímica de Oxigênio as variações entre período chuvoso foram de $(6,73 \pm 7,84$ a $10,38 \pm 11,2$ mg/L) e para o seco foram entre $(8,28 \pm 4,10$ a $9,99 \pm 5,49$ mg/L), valores estes estão acima do permitido CONAMA 357/05.

Pesquisa como Braga, et al., (2022) dispõe que, a maior concentração de oxigênio dissolvido foi encontrada em abril ($10,88$ mg·L⁻¹), e no período seco, houve diminuição do teor de oxigênio (média de $9,89$ mg·L⁻¹). As medidas de DBO não apresentaram diferença estatística ao longo do ano, com teor médio de $7,96$ mg·L⁻¹, assim pode-se verificar as semelhanças do ecossistema aquático do rio Munin.

3.2 Determinação das análises microbiológica da água do rio Mearim

Os resultados das análises microbiológica está apresentado na Figura 3 do gráfico1, os valores de coliformes termotolerantes da água da bacia do Rio Mearim entre os meses de março a novembro de 2021 em período sazonal.

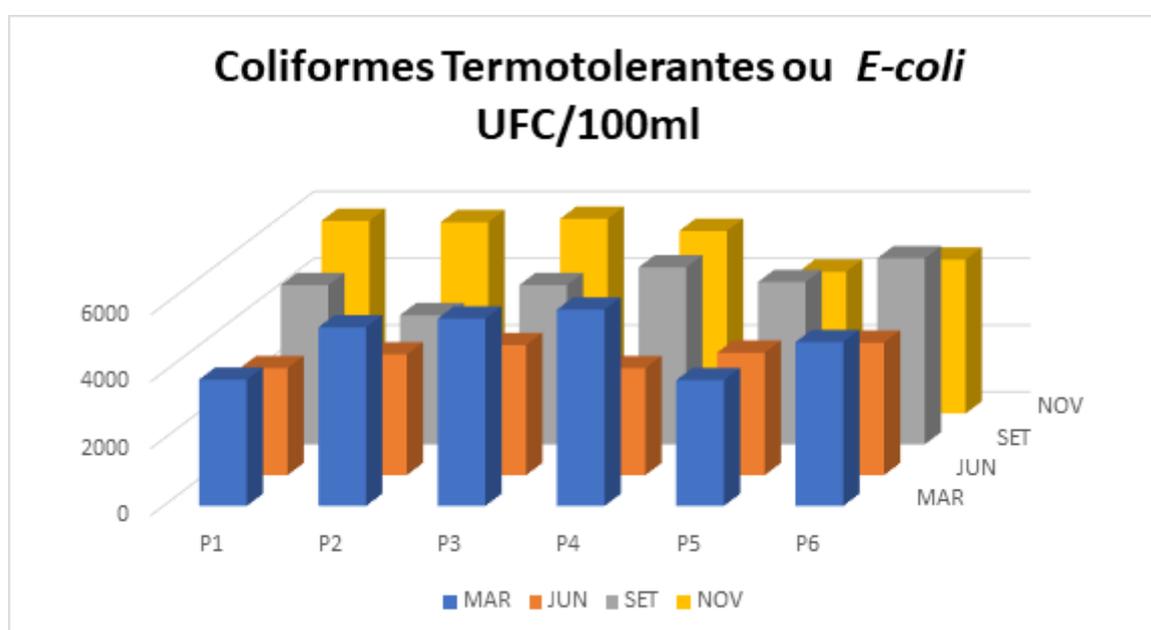


Figura 3. Isolamento de microrganismos nos seis pontos de coleta dos meses de março a novembro de 2021. Fonte: Autores (2022).

Os resultados das análises microbiológicas realizadas para coliformes totais e termotolerantes da água, permitiu verificar que, houve a proliferação de coliformes totais e *E. coli* ou termotolerantes ou em todos os pontos e períodos chuvoso e seco houve variações entre os P1 a P6 do mês de março de $(3,760 \times 10^3$ e $5,870 \times 10^3$ UFC/mL) e mês de junho de $(3,200 \times 10^3$ e $3,960 \times 10^3$ UFC/mL) e no período seco do meses de setembro de $(3,860 \times 10^3$ e $5,560 \times 10^3$ UFC/mL) e novembro $(4,240 \times 10^3$ e $5,760 \times 10^3$ UFC/mL). De acordo com o teste, considerado sensível, foi possível observar a presença de bactérias como *E. coli*, que por sua vez fornecem uma indicação da qualidade da água.

A contaminação por coliformes fecais era esperada para as amostras da estação chuvosa, pois quando enche, o rio transborda e a água entra em contato com barragens que foram contaminadas por defecação animal e humana. De acordo com a legislação 357/05, os níveis de coliformes fecais não devem exceder 1000 UFC/100 mL, mas as concentrações de todas as amostras de água ultrapassaram esse limite.

A bactérias do subgrupo *Escherichia coli*. É de origem exclusivamente fecal e indi-

cadora de poluição por esgoto ou efluentes domésticos e os pontos de amostragens podem estar contaminados devido ao lançamento de dejetos doméstico, área desprovida de mata ciliares e assoreamento e muito esgoto domésticos, além de pontos como P1 e P3 e P6 compromete a biota aquática, uma vez que os coliformes termotolerantes são considerados indicadores desse tipo de poluição (SILVA et al. 2020).

3.3 Análise Estatística dos parâmetro físico e químico da água

Na Figura 4 do gráfico 2 é apresentada a Análise de Componentes Principais (ACP) para as dimensões 1 e 2 mostrando a distribuição dos pontos de coleta, em relação aos meses e aos períodos chuvosos e secos dos parâmetros analisados.

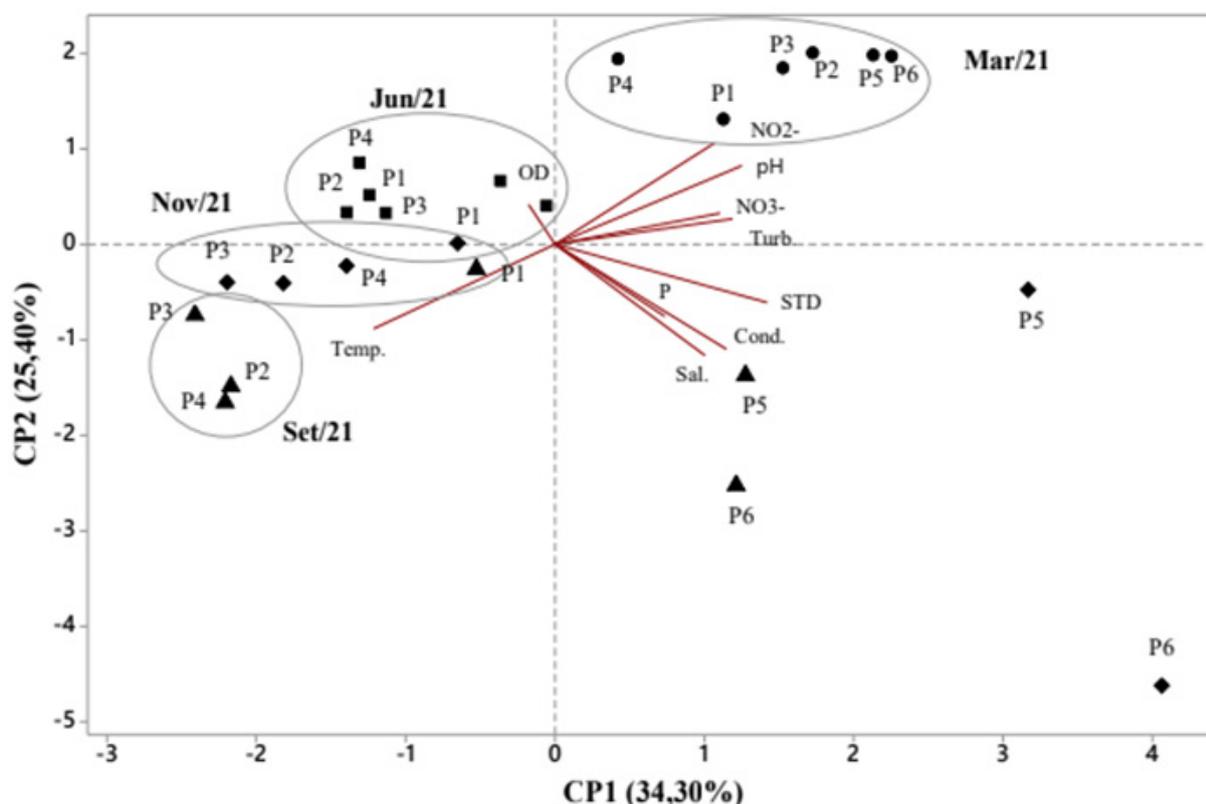


Figura 4. Análise de componentes principais (ACP) da água do rio na BRM. Fonte: Autores (2022).

A ACP é uma abordagem matemática para a redução da dimensionalidade. Usando a ACP, os 10 indicadores originais são recombinaados em vários grupos de novos indicadores abrangentes que não estão relacionados uns com os outros para substituir os indicadores originais. A informação contida em cada grupo de indicadores é expressa por variância; ou seja, quanto maior for a variância, maior será a informação contida.

Cada conjunto de indicadores é denominado componente principal. A componente principal 1 (CP1) contém a maior parte da informação; depois disso, a quantidade de informação contida diminui. No processo de extração dos componentes principais, selecionamos aqueles cujos valores próprios iniciais eram superiores a 1 (BRAGA et al., 2022).

Os resultados mostraram que as alterações nas concentrações destes parâmetros se correlacionavam bem com cada estação avaliada. Este resultado indica que a elevada cor-

relação entre os parâmetros associados a um determinado período tem as mesmas fontes de poluição, e podem ter as mesmas tendências de mudança.

Dessa forma, observa-se que as análises feitas em junho, setembro e novembro apresentaram diferenças estatísticas que são associadas à sazonalidade ao março. Análises Estatísticas A partir do ACP, foram identificadas 10 componentes principais (CPs), no qual as 4 primeiras componentes explicam 59,70% da variância dos dados e cujo autovalor é maior que 1.

Apesar de não existir uma norma padrão sobre o número de fatores que deve ser extraído das análises, com base na literatura, o critério de Kaiser é amplamente usado, e sugere a extração dos fatores com valor de eigenvalue (autovalor) acima de um (GOLZARIAN; FRICK, 2011; CALIJURI *et al.*, 2012; VITALE *et al.*, 2017; QUEIROZ; BRAZIL DE PAIVA, 2017) e o número de componentes que representem 34,30% da variância acumulada, refletem uma ideia aceitável da variância original de acordo com (HAIR *et al.*, 2009; GARDIMAN JUNIOR, 2015).

O eixo 1 apresentou 34,30% e se correlacionou positivamente com P, EC, SAL, pH, NO₂, NO₃ e STD e o eixo 2 apresentando 25,40% da variância dos dados com correlação positiva com os OD, T e salinidade (Figura 3). Valores significativos Segundo Nascimento, Reis, Roesser, e Santiago, 2019, resultados semelhantes foram encontrados na ACP nos dois primeiros eixos como 60,32% da variância total dos dados.

4. CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos durante o experimento, conclui-se que houve algumas variações significativas em alguns parâmetros avaliados. Para o pH demonstrou uma variação entre 4,19 e 6,28, pouco fora do padrão de normalidade estabelecido pela resolução CONAMA nº 357/ 2005. No entanto, a coleta realizada nos pontos de P1 a P6 no período chuvoso em Mar/2021 se manteve dentro dos limites permitidos indicando uma variação do meio de neutro a básico.

Os dados analisados, observou-se que apesar de algumas alterações em certos pontos de coleta estarem fora dos parâmetros pré-estabelecidos pelas legislações e órgãos controladores vigentes, os valores das análises físico-químicas da água, em média, ficaram dentro do permitido.

Já em relação aos aspectos microbiológicos, todas as amostras mostraram presença de bactérias do grupo *Escherichia coli*, indicando a necessidade de posterior estudo para a quantificação das colônias e caracterização da água do rio como adequada ou não para recreação e manutenção da vida aquática. Apenas os teores de nitrito e nitrato permaneceram acima dos padrões estabelecidos, sendo assim classificados como nocivos à saúde humana e à vida aquática.

Diante dos dados obtidos, conclui-se que as alterações que a bacia do Rio Mearim vem sofrendo, podem estar relacionadas as atividades antrópicas realizadas nas proximidades da bacia, na qual vem afetando de forma significativa a saúde hídrica da região. Portanto verifica-se a necessidade de medidas públicas mitigatórias que visem a preservação do meio e a qualidade de vida da população.

Agradecimentos

Agradecimento a Universidade Ceuma, pela pesquisa no laboratório (LACAM) e a FAPEMA, pelo financiamento do projeto.

Referências

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 ed., Washington, DC: **APHA**, 2012.

ARRUDA, J. L. **Avaliação da Qualidade de Água do Rio Cuiabá no Perímetro Urbano da Capital Mato-grossense**. 2016. 72 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Ambientais, Universidade de Cuiabá, Cuiabá, 2016.

BRAGA, F.H.R.; Dutra, M.L.S.; Lima, N.S.; Silva, G.M.; Miranda, R.C.M.; Firmo, W.C.A.; Moura, A.R.L.; Monteiro, A.S.; Silva, L.C.N.; Silva, D.F.; et al. Study of the Influence of Physicochemical Parameters on the Water Quality Index (WQI) in the Maranhão Amazon, Brazil. **Water** 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Saúde Brasil 2017 : uma análise da situação de saúde e os desafios para o alcance dos objetivos de desenvolvimento sustentável** / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância de Doenças e Agravos não Transmissíveis e Promoção da Saúde. – Brasília : Ministério da Saúde, 2018. 426p

CALIJURI, M. L., do Couto, E. de A., SANTIAGO, A. D. F., Camargo, R. D. A., SILVA, M. D. F. M., 2012. Evaluation of the influence of natural and anthropogenic processes on water quality in karstic region. **Water, Air, e Soil Pollution**, 223, 2157–2168. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11270-011-1012-5>. Acesso: 16mar. 2023.

CODEVASF - **COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E DO PARNAÍBA**, 2019. Disponível em: <http://www.codevasf.gov.br/>. Acesso em: 25 set. 2022.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - **Resoluções Conama**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/CONAMA/res357/mar/2005.html>. Acesso em: 11 abr. 2023.

FERNANDES, L. A. **Avaliação microbiológica e físico-químicas da qualidade da água para o consumo humano na província do planalto central - huambo - angola**. Dissertação (Mestrado), Instituto politécnico de Bragança, 2014.

GARDIMAN Junior, B. S., 2015. Caracterização do processo de poluição das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Jucu, estado do Espírito Santo, Brasil. **Revista Agroambiente**, 9, 235. Disponível em: <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v9i3.2310>. Acesso: 29nov. 2022.

HAIR, J. F., Black, W. Curbanos. **Sociedade & Natureza**, vol. 30, núm. 1, 2018, Janeiro-Abril, pp. 228-254.

INMET – **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acessado em: Jan de 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. Histórico de cidades,2010. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: 21 ago. 2020.

MUNIN, R. M. et al. Relação do fosfato com a formação e degradação da matéria orgânica no sistema hídrico que cruza o município de Mogi das Cruzes (São Paulo, Brasil). **Anais do Encontro Nacional de Pós-graduação**, v. 1, n. 1, p. 469-473, 2017.

MUNIZ, J. N., Duarte, K. G., Braga, F. H. R., Lima, N. S., Silva, D. F., Firmo, W. C., ... & Silva, M. R. C. (2020). Limnological Quality: Seasonality Assessment and Potential for Contamination of the Pindaré River Watershed, Pre-Amazon Region, Brazil. **Water**, 12(3), 851.

NUGEO. **Bacias hidrográficas e climatologia no Maranhão**. Universidade Estadual do Maranhão. Centro de Ciências Agrárias. Núcleo Geoambiental. / UEMA. - São Luís, 2016. 165 p. 1.

OLIVEIRA, A. S.; SILVA, A. M.; MELLO, C.R. Water dynamics in springs recharge areas in two environments in the alto Rio Grande Region, Minas Gerais. **Eng Sanit Ambient** | v.25 n.1 | jan/fev 2020 | 59-67.

QUEIROZ, L. G., SILVA, F. T. BRAZIL de Paiva, T. C., 2017. Caracterização estacional das variáveis físicas, químicas, biológicas e ecotoxicológicas em um trecho do Rio Paraíba do Sul, SP, Brasil. **Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, 12. Disponível em: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1949>. Acesso: 21abr. 2019.



SILVA, M.R.C.; CASTRO, M.T. Avaliação dos Parâmetros Físicos, Químicos e Bacteriológicos da água do médio curso do Rio Mearim No Município de Bacabal - MA. **Relatório de pesquisa (FAPEMA)**, São Luís-MA. 2016.

SILVA. B. F. Estimativa Espaço-Temporal dos Impactos Ambientais Decorrentes da Mudança no Curso Baixo do Rio Mearim Consequente da Erosão dos Meandros, 2015 (Projeto Universal, edital 2015, **FAPEMA**, nº: 00663/15. p.20.

VITALE, R., WESTERHUIS, J. A., NAES, T., SMILDE, A. K., de NOORD, O. E., e FERRER, A., 2017. Selecting the number of factors in principal component analysis by permutation testing Numerical and practical aspects. **Journal of Chemometrics**, 31, 2937. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/cem.2937>. Acesso: 22 mai. 2019.

7

AVALIAÇÃO DO PERFIL CLÍNICO-EPIDEMIOLÓGICO DE PACIENTES COM COINFEÇÃO DE HIV/TB NA REGIÃO NORDESTE

EVALUATION OF THE CLINICAL-EPIDEMIOLOGICAL PROFILE OF PATIENTS WITH HIV/TB CO-INFECTION IN THE NORTHEAST REGION

Laila Caroline de Medeiros Augusto¹

Bruna Isadora Nunes da Silva¹

Maria Beatriz Oliveira Menezes¹

Mariana de Castro Barroso de Carvalho¹

João Victor Dias Araújo¹

Erislana Rodrigues Guimarães¹

Bernardo Duarte Arruda¹

Nayane Brito Leal de Matos¹

Leila Cristina Almeida de Sousa²

Sidney Chaves da Silva³

Tatiana Maria Barreto de Freitas⁴

1 Medicina, Universidade Ceuma, São Luís-MA

2 Mestre em Ciências Biológicas, Universidade Ceuma, São Luís-MA

3 Médico, Universidade Ceuma, São Luís-MA

4 Doutora em Biodiversidade e Biotecnologia, Universidade Ceuma, São Luís-MA

Resumo

O Vírus da imunodeficiência humana (HIV) possui como alvo o sistema imune tornando mais susceptível a outras infecções, como à tuberculose, doença bacteriana transmitida pela saliva. Este capítulo objetiva definir o perfil epidemiológico da coinfeção entre tuberculose e HIV no Nordeste, para isso foram selecionados, avaliados e comparados alguns artigos publicados sobre a temática. Observou-se prevalência em homens, adultos de etnia negra. Notou-se ainda certa negligência em relação à realização do teste de anti-HIV em pacientes com tuberculose. Conclui-se que o padrão de prevalência da coinfeção HIV/TB no Nordeste segue o mesmo padrão do Brasil: indivíduos adultos, ou seja, população economicamente ativa, do sexo masculino, moradores da zona urbana, com baixa escolaridade e de etnia preta, com manifestação clínica pulmonar de TB, evoluindo para a cura na maioria dos casos, mas com taxa de óbito próxima aos 10%.

Palavras-chave: HIV, Tuberculose, Nordeste.

Abstract

The Human Immunodeficiency Virus (HIV) targets the immune system, making it more susceptible to other infections, such as tuberculosis, a bacterial disease transmitted by saliva. This chapter aims to define the epidemiological profile of co-infection between tuberculosis and HIV in the Northeast, for which some articles published on the subject were selected, evaluated and compared. Prevalence was observed in men, adults of black ethnicity. A certain negligence was also noted in relation to carrying out the anti-HIV test in patients with tuberculosis. It is concluded that the prevalence pattern of HIV/TB co-infection in the Northeast follows the same pattern as in Brazil: adult individuals, that is, economically active population, male, urban area residents, with low education and of black ethnicity, with pulmonary clinical manifestation of TB, progressing to cure in most cases, but with a death rate close to 10%.

Keywords: HIV, Tuberculosis, Northeast.

1. INTRODUÇÃO

O HIV é um retrovírus que causa a síndrome da imunodeficiência adquirida (*acquired immunodeficiency syndrome* - AIDS), e afeta em especial o sistema imunológico, infectando principalmente linfócitos T (LT) CD4+, macrófagos e células dendríticas. A transmissão se dá por relações sexuais desprotegidas, pelo compartilhamento de seringas contaminadas e por transmissão entre mãe e filho, durante a gravidez ou amamentação (BRAZIL, 2022). Devido a responsabilidade de causar uma imunodepressão, o organismo torna-se mais suscetível a infecções oportunistas, piorando o prognóstico (SILVA *et al.*, 2018).

A tuberculose (TB) é uma patologia causada por *Mycobacterium tuberculosis*, considerada como um sério problema de saúde pública. É transmitida por meio de gotículas de saliva. A infecção ocorre nas vias aéreas, atingindo pulmão ou a laringe, com os bacilos de Kock. A tuberculose possui vários sintomas, tais como tosse prolongada, com ou sem presença de sangue, astenia, fadiga e hipocoloração. O diagnóstico é feito por exame laboratorial, pelo método de baciloscopia de escarro, auxiliado por exames de imagem (radiografia) e pela anamnese (BRAZIL, 2023).

No mundo, ao menos 30% das pessoas que vivem com HIV estão infectadas por *Mycobacterium tuberculosis*, esses pacientes possuem mais chances de desenvolver a TB ativa. A co-infecção pelo bacilo de Koch e pelo HIV pode elevar em 25 vezes esse risco (OMS, 2022). Dessa forma, a TB é uma das maiores patologias associadas ao HIV, já que atinge principalmente organismos com sistema imunológico deprimido, sendo uma doença oportunista do paciente HIV positivo (CAILEAUX-CEZAR, 2015).

No Brasil, a cada 100 mil habitantes, 35 são diagnosticados com o vírus HIV, sendo que 8,4 % apresentam os diagnósticos TB/HIV (BRAZIL, 2019). O diagnóstico precoce de ambas as doenças possibilita melhora na qualidade de vida e diminuição da morbidade e mortalidade. Apesar das políticas públicas de saúde de prevenção ao vírus do HIV altamente difundidas no país, a taxa de contaminação ainda é alta. Assim como a tuberculose também é bem predominante dentre as infecções que acometem esses pacientes imunodeprimidos, assim, piorando o prognóstico dos pacientes (SILVA *et al.*, 2018).

A região nordeste do Brasil concentrou 7,3% de todos os casos de AIDS registrados em 1993-95 (BILLO, 1995). Entre esse período e o início da epidemia, apresentou um crescimento de 1.100% em sua taxa de incidência. Durante o ano de 1993 foram diagnosticados 4.510 casos novos de tuberculose no Estado do Ceará, sendo que 88,4% apresentaram a forma pulmonar. Este problema se agrava ao se considerar que nessa região, onde a infecção pelo HIV parece aumentar rapidamente, coincide com regiões onde o problema da tuberculose já se apresenta de forma mais grave e de mais difícil controle, justamente devido ao menor nível educacional/socioeconômico em relação ao restante do país (HIJJAR, 2004).

Percebe-se que a tuberculose é uma doença que acomete diferentes órgãos e sistemas do organismo, possuindo uma elevada taxa de transmissão entre os indivíduos susceptíveis ao patógeno, tendo números elevados de contaminação desde a década de 1990 (OMS, 2022) (GARCIA, 1994). Apesar de ser uma doença com perspectiva de cura, é negligenciada, piorando o prognóstico dos pacientes já infectados e aumentando ainda mais a transmissão entre a população (BRAZIL, 2022).

Assim, a taxa de mortalidade ainda se mantém alta, tendo mais de 1 milhão de mortes no ano de 2019 devido a tuberculose, em que 208 mil haviam testado positivo para o vírus do HIV. Todavia, mesmo com alto número de mortes associadas a ambas as patologias, há



um grande número de subnotificações e/ou mortes que foram registradas por causas terceiras, mesmo nesses pacientes com os dois diagnósticos positivos (HOUBEN *et al.*, 2016)

No Brasil, a TB possui uma taxa de mortalidade de 2,2 óbitos a cada 100.000 habitantes. Esse valor representa 4.490 óbitos no ano de 2018, sendo que essa mortalidade varia entre as diferentes unidades federativas, estando diretamente ligada ao perfil socioeconômico das populações que foram estudadas (BRAZIL, 2018). Quando se delimita a região nordeste do país, a taxa de mortalidade fica ainda maior, com média de 2,9 óbitos a cada 100.000 habitantes (COTEZ *et al.*, 2018).

Em síntese, objetiva-se traçar o perfil socioeconômicos dos casos já registrados, relacionando fatores de virulência e manifestações clínicas aos tipos de prevenção e tratamento de HIV/TB. Desse modo, o principal aspecto a ser buscado é o número real e o mais fidedigno possível relacionado ao número de pacientes e de óbitos que foram positivados nessa infecção cruzada para auxiliar políticas públicas que venham para melhorar o atual quadro.

2. METODOLOGIA

O Trata-se de um estudo com dados qualitativos e descritivos com base na avaliação de títulos, resumos e leitura completa de artigos provenientes dos bancos de dados Scielo, Pubmed e LILACS. Foram usados os seguintes descritores: HIV, Tuberculose, Coinfecção TB-HIV, Brasil e Nordeste. Os critérios de inclusão foram os artigos científicos que abrangiam a temática proposta, com descrição dos casos de coinfecção TB-HIV no nordeste do Brasil, publicados entre os anos de 2018 e 2023. Os critérios de exclusão incluíam os estudos duplicados, estudos com dados referentes a regiões fora do Nordeste brasileiro ou que foram publicados em anos anteriores a 2018.

Os dados foram obtidos e utilizados conforme as seguintes etapas: Os títulos e resumos dos estudos achados, totalizaram 35, foram analisados para confirmação da relevância. Foram excluídos aqueles que não cumpriam os critérios de inclusão, foi realizada uma leitura aprofundada dos artigos e as informações consideradas relevantes foram retiradas dos estudos escolhidos para a análise qualitativa, ao todo 9 artigos.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

Dos 35 artigos localizados, 9 permaneceram para serem analisados e discutidos nesse estudo. Tendo em vista os dados obtidos nas cidades nordestinas de Salvador e Imperatriz, observa-se o risco de subnotificação de casos da coinfecção de TB/HIV uma vez que, como será discutido, a testagem não foi realizada da forma que é preconizada.

A priori, discute-se o artigo que estuda a prevalência de infecção de HIV em pacientes com tuberculose na capital da Bahia entre 2008 e 2017. Dentro do grupo de estudos, apenas 88% realizaram o teste anti-HIV e destes 12% deram positivos (HAYNE; MARTINS; UC-SAL, 2019). Posteriormente, o estudo realizado em Imperatriz, aponta que apenas 52,9% da amostra realizou o teste anti-HIV e destes a prevalência de coinfecção foi de 20%, em 2017 (SANTOS, 2021). Esse cenário exhibe a defasagem quanto à testagem anti-HIV em pacientes com tuberculose, o que não deveria acontecer, já que todo paciente positivo para tuberculose deve ser testado para HIV conforme estabelecido pelo Manual de Recomendações Para o Controle da Tuberculose no Brasil, 2ª edição, de 2019.

Traçando um comparativo geral entre os principais artigos relacionados aos estados nordestinos de Alagoas, Piauí, Rio Grande do Norte e Maranhão, observou-se a convergência de um perfil clínico-epidemiológico de pacientes coinfectados por TB/HIV, sendo marcadamente indivíduos adultos, ou seja, população economicamente ativa, do sexo masculino, moradores da zona urbana, com baixa escolaridade e de etnia preta, com manifestação clínica pulmonar de TB, evoluindo para a cura na maioria dos casos, mas com taxa de óbito próxima aos 10% (SANTOS JUNIOR; ROCHA; SOARES. 2019; BARRETO *et al.*, 2020; OLIVEIRA *et al.*, 2020; MARQUES *et al.*, 2019; SANTOS, 2021).

Esses dados corroboram o perfil clínico-epidemiológico apontado por Oliveira *et al.* (2020), ao avaliar os casos no período de 2015 a 2019 na região Nordeste. Nesse contexto, pode-se citar fatores que expliquem a prevalência do perfil apontado nessa região, tais como: a vulnerabilidade social a que são expostos a população preta e pobre no país, o que é resultado da história preconceituosa da nossa formação como povo, que culminou na marginalização dessa parcela populacional, os privando de direitos básicos como saúde e educação, por onde se pode ter acesso aos conhecimentos relacionados a doença e ainda a possibilidade de alcançar a ascensão financeira. Além disso, culturalmente no Brasil, as pessoas do sexo masculino tendem a negligenciar mais os cuidados com sua saúde, o que os tornam mais propensos a essas infecções. Por último, relaciona-se a prevalência dos casos na zona urbana e em indivíduos adultos as características próprias da transmissibilidade do vírus HIV, que se dão prevalentemente pela prática sexual desprotegida, comumente realizada por adultos inseridos na vida urbana moderna.

Com o intuito de comparar o perfil epidemiológico de pacientes com coinfeção de TB/ HIV estabelecido na região nordeste com outras regiões do país e assim obter um panorama geral da coinfeção apontando possíveis diferenças ou semelhanças, foi analisado dados da capital de Rio Grande do Sul e comparado com o perfil nacional.

Nesse sentido, nos anos de 2009 a 2013, em Porto Alegre, o sexo masculino representava a maioria dos casos totalizando 1.588 (65,6%) (ROSSETTO, 2019). Nos anos de 2016 a 2019, em nível de Brasil, o sexo masculino também foi o mais atingido pela coinfeção TB/ HIV (86,87%) (MACEDO *et al.*, 2021). Com isso, a prevalência em homens, mesmo em períodos diferentes, continuou sendo a maior nesse gênero.

Em relação a raça, em Porto Alegre, a mais atingida foi a raça branca que somaram 1.357 casos (56,15%) e não brancos somaram 1.054 casos (43,6%) (ROSSETTO, 2019). Já em relação ao Brasil, a raça com maior prevalência é a parda e a preta (60%) e a menor prevalência foi a branca (MACEDO *et al.*, 2021). Assim, pode-se dizer que como a que a raça branca, a nível desse município, é mais prevalente e com isso foi a mais atingida. Já a população nacional é predominantemente negra e com isso ela é a mais atingida.

No quesito faixa etária, a média de idade é de 38 anos com variação para mais ou para menos de 9,91 anos, em Porto Alegre (ROSSETTO, 2019). Já em relação ao Brasil, há uma variação de 15 a 60 anos (MACEDO *et al.*, 2021). Posto isso, observa-se a confirmação de que a população adulta é a mais atingida pela coinfeção.

Diante dos dados expostos, percebe-se que o perfil clínico epidemiológico apontado na região Nordeste assemelha-se ao perfil nacional geral, diferindo do estabelecido em Porto Alegre, Rio Grande do Sul, região Sul.

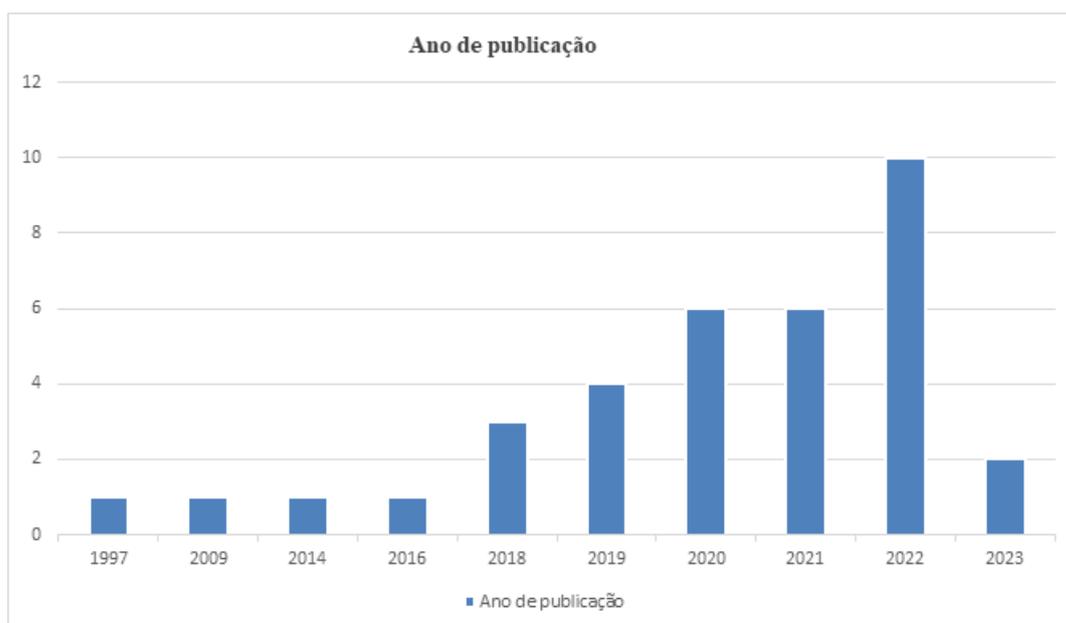


Gráfico 1. Publicação dos artigos nos anos de 1997, 2009, 2014, 2016 e 2018 a 2023. Fonte: Autores, (2023)

O gráfico acima resume o ano de publicação dos artigos localizados e considerados relevantes para a confecção do presente artigo. Notou-se, durante a pesquisa bibliográfica focada nos anos de 2020 a 2023, uma certa dificuldade de localizar artigos no período 2020-2021, o que pode ser relacionado com a existência da pandemia em um estágio mais preocupante, contudo a partir de 2022 a quantidade de publicações parece ter aumentado, uma vez que a busca se tornou mais facilitada.

Na tabela 1 estão listados os principais artigos encontrados sobre a temática e que deram bases as discussões para que pudéssemos traçar o perfil clínico-epidemiológico.

Autores	Título	Objetivos	Principais Resultados	Conclusão
OLIVEIRA <i>et al.</i> , 2019	Aspectos epidemiológicos da coinfeção tuberculose/HIV: análise de uma década em Teresina, Piauí, Brasil.	Analisar os aspectos epidemiológicos da coinfeção Tuberculose/HIV na cidade de Teresina - PI no período de 2009 a 2018 obtidos no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN).	<p>Entre os anos de 2009 a 2018 ocorreu um número de 501 casos notificados de coinfeção HIV/Tuberculose confirmada na cidade de Teresina - PI. A prevalência foi entre adultos de 25 a 34 anos, e as pessoas de cor parda indígena apresentaram maior número de casos e a maioria evoluiu para alta do paciente.</p> <p>Os dados relativos à escolaridade foi de 4ª a 8ª série incompleta do Ensino Fundamental (18,96%), seguida da 1ª a 4ª série incompleto do Ensino Fundamental (15,96%), e a Educação Superior incompleto foi o menos frequente (1,59%).</p> <p>Na variável raça/cor: pretos (12,77%) e pardos (73,65%) indígenas constituem uma proporção expressiva dos coinfectados.</p> <p>Na análise da evolução dos casos confirmados, o principal desfecho foi o de cura/alta do paciente (n=240, 47,9%). A forma pulmonar da doença foi observada em 63,87% dos indivíduos e a forma extrapulmonar em 29,54%.</p>	Constatou-se uma oscilação da frequência de casos durante o período de estudo. Isso se deve em parte pela falta de percepção dos riscos eminentes aos quais a população está exposta, diminuindo a prática do autocuidado e causando maior dificuldade aos serviços de saúde. A análise do perfil dos indivíduos com HIV/tuberculose permitiu verificar que a prevalência no município Teresina é próxima a média nacional.
SANTOS JÚNIOR <i>et al.</i> , 2019	Aspectos clínicos e epidemiológicos da tuberculose em pacientes com HIV/aids.	Avaliar aspectos clínicos e epidemiológicos da tuberculose em indivíduos HIV+ no estado de Alagoas.	<p>Foram diagnosticados 996 sujeitos com confirmação clínico-laboratorial de coinfeção Tuberculose-HIV. A taxa de incidência no período foi crescente, passando de 0,6/100 mil hab. O ano de maior incidência foi 2016, totalizando 139 notificações.</p> <p>O predomínio de casos é entre homens: 739 (74,2%) casos no sexo masculino. 933 pessoas estão na faixa etária de 20 a 64 anos.</p> <p>Verificou-se que 378 (38%) possuíam o ensino fundamental incompleto, seguido de 106 (10,6%) com nenhuma escolaridade. A maioria dos pacientes (921; 92,5%) eram negros. Houve predomínio de indivíduos com local de moradia na zona urbana (859; 86,2%).</p> <p>A forma clínica pulmonar foi predominante, totalizando 770 (77,3%).</p>	Os resultados evidenciam que houve ascensão do número de diagnóstico de Tuberculose na população soror-reagente para HIV em Alagoas de 2001 a 2016.

<p>BARRETO <i>et al.</i>, 2014</p>	<p>Epidemiologia da tuberculose em um estado do nordeste brasileiro.</p>	<p>Este estudo busca traçar e descrever o perfil epidemiológico de pacientes com tuberculose notificados e confirmados no estado do Piauí, no período de 2010 a 2015.</p>	<p>No Estado do Piauí entre os anos de 2010 e 2015 houve a notificação de 4.914 casos novos de TB, tendo uma média de 819 (16,67%) casos por ano. Sendo que em 2011 foi o ano com o maior quantitativo apresentando 918 (18,68%) casos, e em 2015 o ano com menor representatividade, dispondo de 683 (13,90%) casos.</p> <p>A faixa etária com maior índice de acometimento por TB foi a de 40 a 59 anos (35,04%) seguida de 20 a 39 anos (32,88%), podendo assim destacar, que a fase adulta da população é a mais acometida. Em relação à raça e o sexo dos indivíduos, se destacaram os pardos (69,31%) e os do sexo masculino (64,50%). Já o local de residência da amostra, a predominância foi em área urbana (73,12%). com base nos dados analisados, foi possível observar que a maioria dos casos confirmados de TB (70,33%) da amostra não possuem coinfeção por AIDS, enquanto 5,23% possuem.</p> <p>No que diz respeito ao HIV 5,57% dos casos são positivos e 51,67% são negativos, 34,51% dos portadores de TB não tiveram a análise do HIV realizada.</p>	<p>Conclui-se que o presente estudo oportunizou compreender melhor o cenário da TB no estado do Piauí no período de 2010 a 2015 e concluir que o número de casos de TB no Estado ainda é expressivo, apesar de ter havido um decréscimo de incidência nesse período. Pode-se também traçar a descrição dos pacientes com TB no Piauí, sendo um perfil de pardos, com baixa escolaridade, faixa etária de 20 a 59 do sexo masculino e que residem na zona urbana contudo, um dos maiores desafios que a saúde pública ainda tem em relação ao controle da TB, é diminuir ainda mais a incidência, reduzir a coinfeção e melhorar a adesão do paciente ao tratamento. Através da disseminação do conhecimento sobre os riscos da doença para a população. Além disso, deve ser ampliado o acesso aos serviços de saúde, a rapidez no diagnóstico, a realização de testagem para o HIV e a realização do tratamento o mais precoce possível, na qual essas medidas precisam ser reforçadas e cumpridas, a fim de alcançar um controle eficaz da doença.</p>
<p>MARQUES <i>et al.</i>, 2019</p>	<p>Casos de tuberculose coinfectados por HIV em um estado do nordeste brasileiro</p>	<p>Caracterizar os casos notificados de Tuberculose coinfectados pelo Vírus da Imunodeficiência Adquirida no Rio Grande do Norte, estado do nordeste brasileiro.</p>	<p>Observou-se aumento no número de casos ao longo do período analisado (2001 a 2015). Prevaleram casos confirmados do sexo masculino (75,28%), de pessoas entre 20 e 39 anos (55,63%), que apresentaram a forma pulmonar da tuberculose (71,62%), desenvolveram AIDS (91,27%) e entraram no serviço na situação de caso novo (73,80%).</p> <p>Observou-se quantidade elevada de dados ignorados, a exemplo das variáveis drogas ilícitas (88,82%) e tabagismo (89,52%).</p>	<p>Conclui-se que os achados indicam o aumento no número de infecções e uma preocupação quanto à completude dos dados durante às notificações.</p>

<p>SANTOS <i>et al.</i>, 2019</p>	<p>Aspectos clínico-epidemiológicos e distribuição espacial da coinfeção tuberculose/HIV em município do Nordeste brasileiro</p>	<p>Analisar os aspectos clínico-epidemiológicos da coinfeção tuberculose/HIV e sua distribuição espacial em Imperatriz (MA)</p>	<p>Foram registrados junto ao Sistema de Informação de Agravos de Notificação 947 casos de tuberculose, dos quais 394 (41,6%) não realizaram o teste anti-HIV, 52 (5,5%) encontravam-se com teste em andamento, e 501 (52,9%) realizaram o teste; destes, 73 (14,6%) apresentaram-se positivos para HIV.</p> <p>A prevalência da coinfeção variou de 41,7% em 2006 a 7,1%, em 2017, com média de 20,0%, e apresentou tendência decrescente ao longo do período.</p> <p>As variáveis sexo masculino, zona urbana, entrada por recidiva e encerramento por abandono do tratamento permaneceram associadas à coinfeção ($p < 0,05$). apresentarem em expansão territorial, com elevada densidade populacional e marcantes desigualdades socioespaciais</p>	<p>Verificou-se que a distribuição espacial dos casos foi heterogênea, variando de 0,00 a 5,74 casos/km², mostrando-se restrita à zona urbana do cenário, e a análise de varredura detectou dois aglomerados espaciais de alto risco relativo estatisticamente significantes ($p < 0,005$) em setores censitários da parte central, com dispersão para áreas periféricas, caracterizadas por se apresentarem em expansão territorial, com elevada densidade populacional e marcantes desigualdades socioespaciais</p>
<p>SOUSA <i>et al.</i>, 2020</p>	<p>Epidemiologia da tuberculose no nordeste do Brasil, 2015-2019</p>	<p>Avaliar o perfil epidemiológico da tuberculose na Região Nordeste nos últimos 5 anos</p>	<p>Nos últimos 5 anos foram notificados 117.638 casos de tuberculose no Nordeste. Ao analisar o perfil dos indivíduos com tuberculose, constatou-se que 68% são do sexo masculino, com faixa etária de 20 a 39 anos, equivalendo a 43% dos casos, seguida de indivíduos de 40 a 59 anos que representam 32%. A forma clínica de tuberculose mais prevalente no período foi a pulmonar (86%) dos casos. Possuem AIDS 9.550 (14%), 10.269 (16%) são portadores de diabetes, 22.019 (34%) são tabagistas, 23.237 (6%) fazem uso de álcool.</p>	<p>A tuberculose permanece como uma doença da atualidade ainda distante da erradicação na região Nordeste. Os aspectos epidemiológicos evidenciados pela pesquisa, revelam a necessidade de planejamento dos serviços de saúde quanto a capacitação dos profissionais para combater a tuberculose.</p>
<p>HAYNE <i>et al.</i>, 2019</p>	<p>Aspectos clínicos e epidemiológicos da coinfeção tuberculose e HIV no município de Salvador</p>	<p>Analisar os aspectos clínicos e epidemiológicos da coinfeção TB/HIV na capital do estado da Bahia, no período de 2008 a 2017</p>	<p>No período analisado foram notificados 66 casos de TB. Da população estudada, 08 (12%) não realizaram sorologia anti-HIV. Dentre os 58 (88%) que realizaram o exame anti-HIV, 07 (11%) apresentaram resultado positivo, 51 (77%) resultado negativo e nenhum caso se encontrava em andamento, sendo a soroprevalência da coinfeção TB/HIV igual a 12%.</p>	<p>A prevenção através da educação em saúde nas populações abrangentes é a melhor solução para conter os avanços de casos da coinfeção.</p>

<p>MACEDO et al., 2021</p>	<p>Levantamento epidemiológico e fatores associados à coinfeção tuberculose/HIV no Brasil</p>	<p>Realizar levantamento sobre os aspectos epidemiológicos e socio-demográficos de casos de coinfeção tuberculose/Vírus da Imunodeficiência Humana (HIV), e comparar o encontrado com os dados presentes na base Sistema de Informações de Agravos de Notificação (SINAN) acerca do número de casos dessa coinfeção no Brasil entre 2016 a 2019</p>	<p>Dos estudos encontrados, a maioria (86,87%) apresentou o sexo masculino como o mais afetado pela coinfeção TB/HIV, com exceção de um, os quais constataram as mulheres como mais prevalentes, e um realizado em Porto Alegre, no qual ambos os sexos foram igualmente atingidos. Já em relação à faixa etária com maior número de casos, todos os artigos mostraram ser a classe economicamente ativa, variando de 15 a 60 anos. A raça mais prevalente foi a parda e a preta (60,00%), e a com menor prevalência foi a branca (13,33%).</p>	<p>O desenvolvimento do estudo demonstrou uma análise que o gênero mais predominantemente acometido pela coinfeção TB/HIV é o sexo masculino, constituintes da população entre 20 e 39 anos e de cor parda. No que diz respeito aos casos, notificou-se um total de 38.000 durante o período dos anos de 2016 a 2019 no Brasil. O ano de 2016 foi o mais prevalente, seguido por 2017, 2018 e o menos prevalente foi o ano de 2019. É importante salientar que há uma escassez de pesquisas epidemiológicas recentes referentes ao assunto, principalmente no que se refere à condição de vida e aos hábitos dos indivíduos com TB/HIV. Nesse sentido a atenção básica, devido a sua abrangência territorial, torna-se um elemento-chave para uma vigilância em saúde efetiva, que requer a compreensão dos determinantes sociais da saúde, o diagnóstico oportuno de agravos de relevância sanitária, principalmente na vigilância e no controle de doenças infectocontagiosas, como a coinfeção tuberculose/HIV.</p>
<p>ROSSETO et al., 2019</p>	<p>Perfil Epidemiológico dos Casos de Tuberculose com Coinfeção HIV em Porto Alegre, Brasil</p>	<p>Descrever e comparar o perfil epidemiológico dos casos de coinfeção por tuberculose e HIV, por Gerência Distrital de Porto Alegre, no período de 2009 a 2013</p>	<p>De 2009 a 2013 foram identificados 2.419 casos de pessoas coinfectadas por Tuberculose e HIV em Porto Alegre, considerando as reentradas no banco de dados da tuberculose. Os homens representaram a maioria dos casos, totalizando 1.588 (65,6%). A média de idade no momento da notificação foi de 38±9,91 anos. Considerando o quesito raça/cor, os brancos somaram 1.357 casos (56,15%) e não brancos somaram 1.054 casos (43,6%).</p>	<p>Neste estudo foi possível descrever e comparar o perfil epidemiológico dos casos de coinfeção por TB e HIV, mostrando que variáveis, como a raça/cor e o sexo são variáveis socioeconômicas e clínicas frequentes nos casos estudados e nas diferentes áreas de Porto Alegre. São necessários outros estudos que identifiquem quais são as características desses territórios com maior proporção de casos e dos serviços que fazem o atendimento das pessoas com coinfeção, estudando-se os motivos pelos quais esses cenários apresentam os piores indicadores.</p>

Tabela 1. Artigos incluídos na revisão sistemática, após a análise dos resumos. Fonte: Autores, (2023)

4. CONCLUSÃO

A AIDS é uma doença causada pelo vírus HIV, o qual suprime o sistema imunológico do indivíduo o deixando mais susceptível a outras patologias, como a tuberculose. Este trabalho buscou entender a prevalência de coinfeção entre essas duas doenças e o perfil epidemiológico dos indivíduos mais afetados. Observou-se um predomínio do sexo masculino com 38 anos em média. O presente estudo observou ainda certa negligência quanto à testagem de HIV na população com tuberculose, o que resulta em dados apenas estimativos.

Ao entender o grupo mais afetado pela coinfeção TB/HIV, as medidas governamen-

tais para essa problemática podem ser mais bem direcionadas. Dentre elas, campanhas de incentivo à testagem anti-HIV em todos os indivíduos com tuberculose é essencial. Para isso, o alvo da iniciativa seria os profissionais da saúde, uma vez que eles são os responsáveis pelas testagens, pelo incentivo ao tratamento da TB e em parte pela disseminação de conhecimento à população quanto a patologias graves e comuns.

Referências

- ALCALDE, Giovana Fogaça Garcia et al. Perfil epidemiológico de tuberculose em pacientes portadores de hiv. **Revista prevenção de infecção e saúde**, v. 4, 2018.
- BARRETO, Maryanna; SANTOS, Gleyson; DE SOUSA, Mísia Joyner Dias Monteiro; JESUS, Ruan; BARBOSA, Giane; OLIVEIRA, Victor. Epidemiologia da tuberculose em um estado do nordeste brasileiro. **Research, Society and Development**. 2020. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/3643/3235>
- BARRETO, A.M.W., et al. Diagnóstico. In: PROCÓPIO, M.J., org. **Controle da tuberculose: uma proposta de integração ensino-serviço** [online]. 7th ed. rev. and enl. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2014, pp. 145-229. Disponível em: <http://books.scielo.org/id/zyx3r/epub/procopio-9788575415658.epub>
- BASTOS, Shyrlaine Honda, TAMINATO, Mônica ; FERNANDES, Hugo. Sociodemographic and health profile of TB/HIV co-infection in Brazil: a systematic review. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 72, n. 5, p. 1389-1396, 2019.
- BOMBI, Lorena Guerra et al. Dinâmica da coinfeção por tuberculose e hiv no estado de Mato Grosso do sul entre 2015 a 2022 e impacto da pandemia de Covid-19 nas notificações. **Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR**, v. 27, n. 4, p. 1875-1892, 2023.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual de recomendações para o controle da tuberculose no Brasil**, 2ª edição. Brasília, 2019.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Boletim epidemiológico de tuberculose no Brasil**, 2022.
- CAVALIN, Roberta Figueiredo. **Coinfecção TB-HIV: análise espacial e temporal no município de São Paulo**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- DA CRUZ NETO, Manoel Samuel et al. **Infecção ativa pelo *Mycobacterium tuberculosis* em pessoas vivendo com HIV: um estudo de revisão**.
- DA SILVA PEREIRA, Daniela; GOMES, Géssica Vieira; RODRIGUES, Mariana Delfino. Coinfecção Tuberculose/HIV: perfil clínico e epidemiológico no município de Porto Velho e Rondônia no período de 2010 a 2020. **Revista Eletrônica Acervo Enfermagem**, v. 18, p. e10437-e10437, 2022.
- DE MELO, Tonny Venâncio et al. Perfil clínico epidemiológico dos casos de coinfeção tuberculose-HIV. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 14, 2022.
- DE OLIVEIRA, Layze Braz et al. Análise epidemiológica da coinfeção tuberculose/HIV. **Cogitare Enfermagem**, v. 23, n. 1, 2018.
- DE RESENDE, Natália Helena et al. **Aspectos relacionados ao tratamento da tuberculose e HIV/aids: abordagens qualitativa e quantitativa**. 2022.
- FANFA, D. C. et al. **Perfil epidemiológico das notificações dos casos de tuberculose na população privada de liberdade do Rio Grande do Sul, 2014-2018**.
- FERREIRA, Débora Paula; SOUZA, Fabiana Assumpção de; MOTTA, Maria Catarina Salvador da. Prevalência da coinfeção HIV/TB em pacientes de um hospital de referência na cidade do Rio de Janeiro. **Rev Fund Care Online** [internet], v. 11, p. 2, 2019.
- GIOSEFFI, Janaína Rosenburg, BATISTA, Ramaiene ; BRIGNOL, Sandra Mara. Tuberculosis, vulnerabilities, and HIV in homeless persons: a systematic review. **Revista de Saúde Pública**, v. 56, p. 43, 2022.
- HAYNE, Layla Morbeck Pellegrini; MARTINS, Maísa Mônica Flores; UCSAL, Universidade Católica do Salvador. Aspectos clínicos e epidemiológicos da coinfeção tuberculose e HIV no município de Salvador. **Repositório Institucional UCSAL**, novembro, 2019. Disponível em: <http://ri.ucsal.br:8080/jspui/handle/prefix/1185>
- KERR-PONTES, Ligia R. S., OLIVEIRA, Fabíola A. S. ; FREIRE, Cristina A. M.. Tuberculose associada à AIDS: situ-

- ação de região do Nordeste brasileiro. **Revista de Saúde Pública**, v. 31, n. 4, p. 323–329, 1997. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/rsp/a/T5JvQmXKczXqZbGQCgZT7fN/?lang=pt#>
- MACEDO, Paloma de Oliveira; LIRA, João Lúcio Macario; SANTOS, Wesley de Jesus et al. Perfil sociodemográfico e determinantes sociais da coinfeção tuberculose-HIV no Brasil: uma revisão integrativa. **Research, Society and Development**, v. 11, n.7, 2022.
- MACEDO L. F.; BASTOS T. da R.; DEPRÁ J. V. S.; FEIO L. P. P.; BRAGA T. L. G. P.; PAES A. L. V. Levantamento epidemiológico e fatores associados à coinfeção tuberculose/HIV no Brasil. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 13, n. 1, p. e5360, 31 jan. 2021. Disponível em: <https://acervomais.com.br/index.php/saude/article/view/5360>
- MARIANO, Amanda Silveira et al. Coinfeção tuberculose/HIV na Amazônia Ocidental: perfil epidemiológico segundo sexo. **Revista Enfermagem Contemporânea**, v. 11, p. e4612-e4612, 2022
- MARQUES, Cristiane da Câmara et al. Casos de tuberculose coinfectados por HIV em um estado do nordeste brasileiro. **Enfermería Actual de Costa Rica**, San José, n. 36, p. 62-76, June 2019. Disponível em: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-45682019000100062&lng=en&nrm=iso
- OLIVEIRA, Evaldo; COSTA, Andressa; SILVA, Eduarda; HOLANDA, Elison; SOARES, Marília; VERDE, Roseane; SOUSA, Francisco. Aspectos epidemiológicos da coinfeção tuberculose/HIV: análise de uma década em Teresina, Piauí, Brasil. **Research, Society and Development**, 2019. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/3137/2359>
- OLIVEIRA, G. O.; VENDAS, B. N.; GOMES, J. G. F.; SILVA, M. do A.; OLIVEIRA, G. A. L. de. Epidemiologia da tuberculose no nordeste do Brasil, 2015 – 2019. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 9, n. 8, p. e82985403, 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/5403>.
- OLIVEIRA, Renato; BONFIM, Rafael Oliveira; ORFÃO, Nathalia Halax. Tuberculose e coinfeção TB/HIV na Amazônia Legal: um estudo caso-controle. **Concilium**, v. 22, n. 6, p. 924-936, 2022.
- PINTO NETO, Lauro Ferreira da Silva et al. Protocolo Brasileiro para Infecções Sexualmente Transmissíveis 2020: infecção pelo HIV em adolescentes e adultos. **Epidemiol. Serv. Saúde**, Brasília, v. 30, n. esp1, 2021. Disponível em: http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-49742021000500013&lng=pt&nrm=iso
- PIRAN, Camila Moraes Garollo et al. Panorama epidemiológico da coinfeção tuberculose-HIV entre adolescentes e adultos jovens na região sul do Brasil. **Saúde Coletiva** (Barueri), v. 12, n. 78, p. 10950-10963, 2022.
- ROSSETTO, Maíra et al. Epidemiological profile of tuberculosis cases with HIV coinfection in Porto Alegre city, Brazil. **Revista Brasileira de Enfermagem** [online]. v. 72, n. 5, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/reben/a/LWSCwkhQMvhMVkYKdwfdQHc/?lang=pt>
- ROSA, Maria Eduarda Alves Pimenta et al. **Os desafios enfrentados no tratamento da tuberculose em portadores de HIV**.
- SANTOS, Livia Fernanda Siqueira. **Aspectos clínico-epidemiológicos e distribuição espacial da coinfeção tuberculose/HIV em município do Nordeste brasileiro**. 2021. 77 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Saúde e Tecnologia) - Universidade Federal do Maranhão, Imperatriz. Disponível em: <https://tede2.ufma.br/jspui/handle/tede/4151>
- SANTOS JÚNIOR, C. J. dos; ROCHA, T. J. M.; SOARES, V. de L. Aspectos clínicos e epidemiológicos da tuberculose em pacientes com HIV/aids. **Medicina** (Ribeirão Preto), [S. l.], v. 52, n. 3, p. 231-238, 2019. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rmrp/article/view/156246>
- SANTOS NETO, M. et al.. Perfil clínico e epidemiológico e prevalência da coinfeção tuberculose/HIV em uma regional de saúde no Maranhão. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 38, n. 6, p. 724–732, nov. 2012.
- SILVA, I. R. C. da.; PASSOS, M. A. N.. Perfil clínico e sociodemográfico de pacientes com coinfeção tb-hiv e os cuidados de enfermagem: uma revisão integrativa. **Revista JRG de Estudos Acadêmicos**, Brasil, São Paulo, v. 3, n. 7, p. 550–560, 2020. DOI: 10.5281/zenodo.4278043. Disponível em: <https://revistajrg.com/index.php/jrg/article/view/82>. Acesso em: 31 maio. 2023.
- SIQUEIRA, Santos L; VILARINO, Carneiro PH; ALVES, de Oliveira Serra MA, et al. Coinfeção tuberculose/HIV no Nordeste do Brasil: tendência de prevalência, distribuição espacial e fatores associados. **J Infectar Dev Ctries**. 2022;16(9):1490-1499.
- SOUSA, G. O.; SALES, B. N.; GOMES, J. G. F.; SILVA, M. do A.; OLIVEIRA, G. A. L. de. Tuberculosis epidemiology in northeastern Brazil, 2015 – 2019. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 8, p. e82985403, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i8.5403. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/5403>. Acesso em: 31 maio. 2023.

8

NANOTECNOLOGIA COMO FERRAMENTA NA SÍNTESE DE NANOCOMPÓSITOS COM ATIVIDADE ANTIMICROBIANA: UMA REVISÃO INTEGRATIVA DE LITERATURA

*NANOTECHNOLOGY AS A TOOL IN THE SYNTHESIS OF NANOCOMPOSITES WITH
ANTIMICROBIAL ACTIVITY: AN INTEGRATIVE LITERATURE REVIEW*

Tatiana Maria Barreto de Freitas¹

EriSlana Rodrigues Guimarães²

Davi Veloso Lima de Paula Sousa²

Marcilene de Amorim Sandes²

João Victor Dias de Araújo²

Ana Letícia de Souza e Souza²

Ana Carolina Almeida Brito²

Paulo César Mendes Villis³

1 Doutora em Biodiversidade e Biotecnologia, Universidade Ceuma, São Luís-MA

2 Medicina, Universidade Ceuma, São Luís-MA

3 Doutor em Química, Universidade Ceuma, São Luís-MA

Resumo

Os Nanomateriais são estruturas dimensionadas em escala nanométrica (nm) que, apresentam propriedades físicas, químicas e biológicas, podem ser aplicadas no desenvolvimento de inovações tecnológicas. O tratamento de infecções causadas por fungos e bactérias é dificultado pelo aumento da resistência antimicrobiana, o que configura uma ameaça a saúde pública uma vez que existem poucos fármacos com mecanismo de ação eficaz para o tratamento dessas cepas multirresistentes. Segundo o Ministério da Saúde, pelo menos 70% dos microrganismos que causam infecções hospitalares apresentam resistência farmacológica. Assim, o uso de nanopartículas torna-se uma via de inibição do crescimento microbiano. Trata-se de uma revisão integrativa de literatura, sendo selecionados artigos das bases de dados eletrônicas MEDLINE (PubMed), LILACS, SciELO, Scopus, Web of Science e BVS. A pesquisa indicou a existência de três principais nanocompósitos utilizados como agentes antimicrobianos, sendo eles o óxido de zinco (ZnO), o óxido de cobre II (CuO) e a prata. Pesquisas promissoras indicam que o ZnO fornece propriedades contra bactérias Gram-positivas, Gram-negativas e fungos. Enquanto o CuO apresenta atividade contra *Staphylococcus*, *E. coli*, *B. subtilis*, *K. pneumoniae*, *Pseudomonas* e *M. luteus* além de fungos como *Aspergillus* e *Candida albicans*. Outros elementos também foram estudados e sintetizado em nanopartículas apresentando efetividade e/ou atividade sinérgica com outros elementos e até mesmo com fármacos. Conclui-se que é necessário mais estudo para averiguar o mecanismo de ação dos principais nanocompósitos como antibacterianos e antifúngicos. Tendo em vista a necessidade de terapias antimicrobianas eficazes para tratar o vasto número de agentes microbianos que apresentam resistência terapêutica.

Palavras-chave: Nanopartículas; Antimicrobianos; Uso terapêutico.

Abstract

The Nanomaterials are structures sized in nanometric scale (nm) that, have physical, chemical and biological properties, and can be applied in the development of technological innovations. The treatment of infections caused by fungus and bacteria is difficult because of the increase of antimicrobial resistance, which is a threat to the public health since there aren't many medications with effective mechanism of action to the treatment of those multiresistant strains. According to the Health Ministry, at least 70% of the microorganisms that cause nosocomial infections have pharmacological resistance. So, the use of nanoparticles becomes a way of inhibiting the microbial growth. This is an integrative literature review, being selected articles from the electronic databases MEDLINE (PubMed), LILACS, SciELO, Scopus, Web of Science and BVS. The research indicated the existence of three main nanocomposites used as antimicrobial agents, they are zinc oxide (ZnO), the copper II oxide (CuO) and silver. Promising researches indicate that ZnO has properties against Gram-positive and Gram-negative bacteria and fungus. The CuO has activity against *Staphylococcus*, *E. coli*, *B. subtilis*, *K. pneumoniae*, *Pseudomonas* and *M. luteus* besides fungus such as *Aspergillus* and *Candida albicans*. Other elements were also studied and synthesized in nanoparticles effect and/or synergistic activity with other elements and even other medications. It is concluded that it is necessary more studies to find out the mechanism of action of the main nanocomposites as antibacterial and antifungal. Since the need of antimicrobial therapy effective to threat the big number of microbial agents that have therapeutic resistance.

Keywords: Nanoparticles; Antimicrobial; Therapeutic use.

1. INTRODUÇÃO

Nanomateriais são estruturas dimensionadas na escala nanométrica (nm), ou seja, um bilionésimo de um metro ($1\text{nm} = 1/1.000.000.000\text{ m}$), com tamanho estabelecido entre 1 a 100 nm (figura 1), exibindo nessas dimensões diversas propriedades físicas, químicas e biológicas singulares. Essa característica abre amplas possibilidades de inovação na nanotecnologia, haja vista que conferem propriedades únicas que podem ser exploradas para avanços em diferentes campos, impulsionando a pesquisa e suas aplicações no desenvolvimento de novos materiais e dispositivos (SUDARENKOV, 2013).

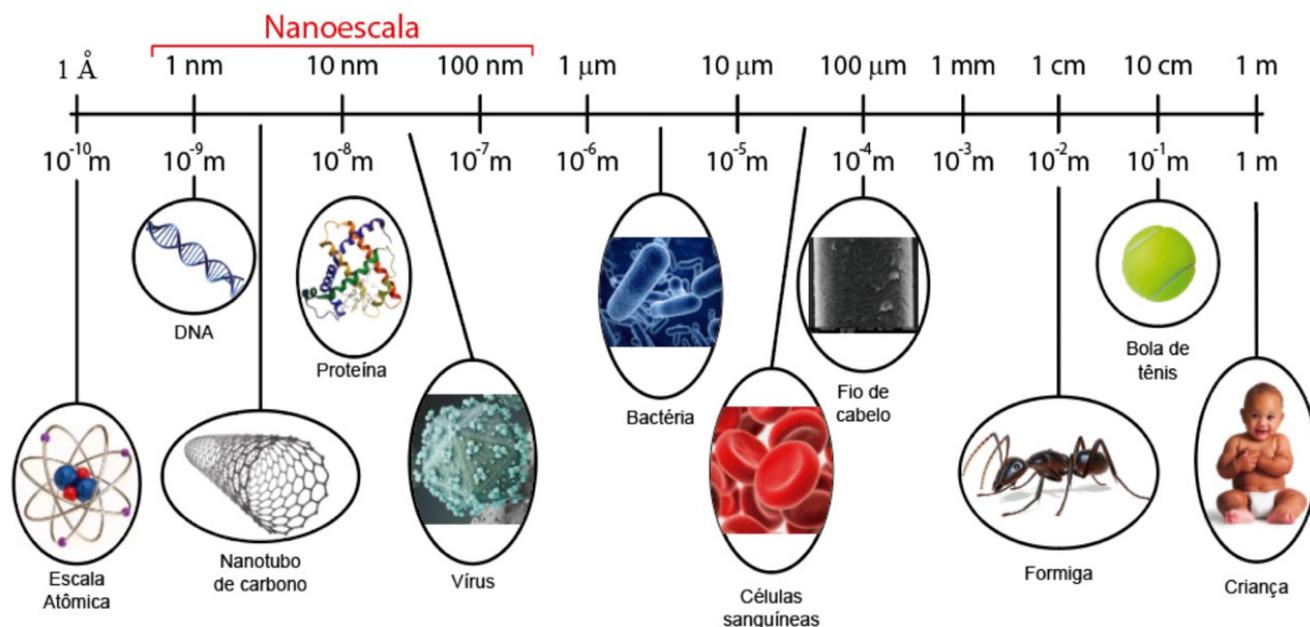


Figura 1. Representação de elementos na escala nanométrica

Fonte: Adaptado de Anchieta, 2020

Na nanotecnologia, as nanopartículas metálicas (NP) têm recebido cada vez mais atenção devido às suas propriedades físico-químicas únicas, as quais contrastam consideravelmente com suas contrapartes em escalas maiores (KIRTH *et al.*, 2012; VAHABI *et al.*, 2011).

A crescente resistência antimicrobiana tem sido fator que dificulta a prevenção e tratamento efetivo de um número crescente de infecções por bactérias, fungos, vírus e parasitas, que uma vez combinados com a escassez do desenvolvimento de novos fármacos com diferentes mecanismos de ação, são considerados uma eminente ameaça à saúde da população global devido à multirresistente de cepas infectantes (VENTOLA, 2015).

Uma abordagem alternativa contra resistência antimicrobiana é o desenvolvimento de medicamentos utilizando como matéria prima uma vasta possibilidade de metais. Essas substâncias atuam sobre os processos bioquímicos dos microrganismos facilitando a transferência física das nanopartículas para o interior da célula (SIRELKHATIM *et al.*, 2015).

Nesse contexto, as infecções fúngicas são responsáveis por altas taxas de morbimortalidade na população mundial. No entanto, no Brasil, doenças fúngicas não compõem o rol das patologias de notificação compulsória, por isso os dados epidemiológicos são fragmentados, não representando o real cenário do sistema de saúde. Mas estudos já apontam a alta tolerância e resistência aos antifúngicos convencionais (COELHO *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2020).

No cenário das infecções bacterianas, de acordo com o Ministério da Saúde, pelo menos 70% dos microrganismos causadores de infecções nos hospitais apresentam resistência à no mínimo um dos antibióticos que são administrados no tratamento de pacientes. Assim, o uso de nanopartículas torna-se uma via diante desse cenário (TEIXEIRA, FIGUEIREDO; FRANÇA, 2019).

Dessa forma, nos últimos anos, a nanotecnologia tem se destacado e despertado grande interesse no meio científico-industrial-farmacêutico, devido ao potencial de aplicações promissoras das partículas nanoestruturadas voltadas para preservação ambiental e melhoria da qualidade de vida, uma vez que podem ser usados em vários campos como, biomedicina, nanomedicina e nanobiotecnologia (GURUNATHAN *et al.*, 2014; SALOMONI, 2016).

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo identificar os possíveis compostos nanoestruturados que ofereçam vantagens para a sociedade em termos de atividade antimicrobiana, uma vez que se tem observado uma crescente resistência de determinadas bactérias e fungos em relação aos medicamentos empregados atualmente.

2. METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura. A busca por artigos científicos foi conduzida por quatro pesquisadores independentes nas bases de dados eletrônicas MEDLINE (PubMed), LILACS, SciELO, Scopus, Web of Science e BVS, sem restrição de idioma, período e localização. A revisão integrativa consiste em um método que proporciona a incorporação da aplicabilidade de resultados de estudos significativos na prática, tendo uma maior abordagem metodológica referente às revisões, permitindo a inclusão de estudos experimentais e não experimentais para uma compreensão completa do fenômeno analisado. Os descritores foram selecionados a partir do vocabulário controlado haja vista a sua grande utilização pela comunidade científica para a indexação de artigos na base de dados PubMed. Diante da busca dos descritores, foi realizada a adequação para as outras bases utilizadas. Foram propostos para as buscas os seguintes descritores: nanotechnology AND treatment AND antimicrobials AND nanoparticles e os operadores booleanos: and e or. A busca ocorreu em agosto de 2023. A qualidade dos métodos utilizados nos estudos incluídos foi avaliada pelos pesquisadores de forma independente. Essa avaliação priorizou a descrição clara das informações. Neste ponto, a revisão foi realizada às cegas, mascarando os nomes dos autores e revistas e evitando qualquer viés potencial e conflito de interesses. Inicialmente, os artigos foram selecionados de acordo com o título; em seguida, os resumos foram analisados e apenas os que fossem potencialmente elegíveis foram selecionados. Com base nos resumos, os artigos foram selecionados para leitura integral e admitidos os que atendiam a todos os critérios pré-determinados. Aqueles que apresentaram um título dentro do âmbito, mas os resumos não estavam disponíveis, também foram obtidos e analisados na íntegra. Foram excluídos estudos fora do âmbito, relatos de caso, cartas ao editor e/ou editorial, revisões de literatura, índices, resumos e estudos em animais. Posteriormente, os estudos elegíveis preliminarmente tiveram o texto completo obtido e avaliado.

3. PRINCIPAIS COMPOSTOS NANOESTRUTURADOS UTILIZADOS COMO AGENTES ANTIMICROBIANOS

3.1 Óxido de zinco

O óxido de zinco (ZnO) é um composto químico inorgânico que vem ganhando maior destaque por sua versatilidade e multifuncionalidade. Possui propriedades físicas e químicas importantes que propiciam inúmeras aplicações, que vão das ciências ambientais até biomédicas ou eletrônicas. (LAURENTI; CAUDA, 2017). A multifuncionalidade do ZnO se deve a rica sua modificação estrutural, presente na família das nanoestruturas de ZnO. Portanto, são encontrados arranjos em escalas nanométricas na forma de nanofios, nanopartículas, nanotubos, nanorings, morfologia semelhante a flor e tetrápodes. A característica das partículas nanoestruturadas é controlada através das alterações nos parâmetros de síntese. As propriedades finais dos materiais derivados de ZnO, dependem do tamanho, orientação, morfologia e densidade (LAURENTI; CAUDA, 2017).

O ZnO tem sido alvo de inúmeros estudos devido ser amplamente conhecido por possuir excelentes propriedades como, atividades anti-inflamatória, anticancerígena, de modulação na liberação de medicamentos, bioimagem (JIANG, J.; PI; CAI, 2018), regeneração de tecidos (CIERECH *et al.*, 2019) proteção UV e autolimpante (NOORIAN; HEMMATINEJAD; NVARRO, 2019.). Ressalta-se as aplicações das NPs de ZnO a atividade antimicrobiana, que tem sido extensamente reconhecida. Conforme revelado na literatura científica, o ZnO fornece propriedades contra bactérias Gram-positivas, Gram-negativas e fungos (KAIRYTE; KADYS; LUKSIENE, 2013; LALLO DA SILVA; CAETANO *et al.* 2019).

3.2 Óxido de cobre

O óxido de cobre pode ser encontrado em duas formas distintas, como óxido de cobre I (Cu₂O) ou óxido de cobre II (CuO). A configuração CuO ganhou maior destaque por ser um composto semicondutor com estrutura monoclinica e o elemento mais simples da família de compostos de cobre. Classificado como um dos materiais mais acessíveis dentre os óxidos metálicos, o CuO apresenta propriedades físicas e químicas promissoras, como sensor de gases, conversão de energia solar e atividade antimicrobiana, sobretudo na forma de nanopartículas, devido a sua maior área de superfície. (REN *et al.*, 2009; ANANTH, 2014).

A apresentação estrutural do CuO na natureza e na conformação de mineral tenorista, sendo a forma mais invariável do composto. Esse arranjo se dá com átomos de cobre (II) rodeados por quatro átomos de oxigênio com apresentação quadrado planar (WOLD; 1993).

Os mecanismos de atividade das nanopartículas baseiam-se na composição, modificação das superfícies e propriedades específicas das espécies bacterianas (HARIKUMAR, 2016). Como também a toxicidade demonstrada pelas nanopartículas de CuO faz delas potenciais agentes antimicrobianos (RUBILAR, 2013; BOOSHEHRI, 2015).

O modelo de atuação entre o CuO e a célula bacteriana está associado a liberação de íons Cu⁺¹, que se liga a parede celular bacteriana e produz desequilíbrio químico, gerando desorganização da atividade enzimática e facilitando a entrada das nanopartículas (PANDIYARAJAN *et al.*, 2013). Além disso, as reações de oxidação provocadas pela produção de EROs na superfície das nanopartículas de CuO e um mecanismo de ação efetivo de atividade antimicrobiana. As pequenas porções das nanopartículas de CuO penetram mais facilmente a parede celular bacteriana e as altas concentrações aumentam a superfície

de contato, resultando em uma maior frequência de entrada das nanopartículas nas células (NAZ *et al.*, 2019). Logo, estudos envolvendo as nanopartículas de CuO já estão sendo desenvolvidos utilizando algumas bactérias como *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas fluorescens*, *Micrococcus luteus* e fungos como *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger* e *Candida albicans* (RAMYDEVI *et al.*, 2012; SIVARAJ *et al.*, 2014; ROY *et al.*, 2016; IJAZ *et al.*, 2017).

3.3 Prata

A prata é um metal nobre que possui características importantes e de grande interesse para comunidade científica, já que possui inúmeras aplicações biológicas, plasmáticas, catalíticas, dispositivos ópticos e sensores (LOGO *et al.*, 2013).

A prata pode se apresentar no ambiente em quatro estados de oxidação: Ag^0 , Ag^+ , Ag^{2+} e Ag^{3+} , tendo a prata livre Ag^+ no estado mais abundante geralmente visto no ambiente liado a sulfito, sulfato ou cloretos e sulfatos incorporados em material particulado na fase aquosa (WHO, 2001).

A prata em seu estado metálico é inativa, mas entrar em contato com a umidade da pele e dos fluidos de ferimentos fica altamente ionizada e reativa, por conta da ligação entre proteínas e tecidos ocorrem mudanças na organização da parede bacteriana gerando distorção celular e morte. Ocorre também uma ligação no DNA e RNA bacteriano por desnaturação que bloqueia a replicação bacteriana (CASTELLANO *et al.*, 2007; LANDSDOWN, 2002; GIBELLI, 2012). Na área da medicina foram realizados estudos que confirmaram a eficácia da prata em mais de 650 microrganismos patogênicos, dispondo de extenso espectro de ação (DASTJERDI; MONTAZER, 2010).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, foram selecionados 96 artigos, restando 78 após verificação de duplicação. Em seguida, os títulos e resumos foram analisados e 20 trabalhos foram excluídos, pois não estavam no escopo da proposta da pesquisa. Entre os artigos analisados observamos a multifuncionalidade dos compostos nanoestruturados e o grande potencial antimicrobiano. Chatterjee *et al.* (2012) avaliaram a atividade antimicrobiana de nanopartículas de Cobre (Cu-Np) e observaram um efeito bactericida superior em cerca de 79 vezes comparado à estrutura simples do Cu, mais tarde Al Awak *et al.* (2018) realizou os mesmos experimentos utilizando *Carbon Dots* obtendo a função antimicrobiana do mesmo com aumento da efetividade em 27%. Fibras têxteis funcionalizadas com NP ZnO foram um material promissor e econômico com potencial para erradicar ou prevenir o crescimento e infecções associadas a microrganismos patogênicos conforme pesquisa realizada por Garcia (2021).

A síntese de nanoestruturas de tungstato, pelo método de coprecipitação simples realizada por Bianco (2021) apresentou atividade antifúngica, *in vitro* contra linhagens clínicas e cepas de referência (ATCC) de diversos fungos entre eles *Candida spp.* Esses resultados mostraram uma potencial aplicação no controle de infecções fúngicas inovando os protocolos terapêuticos. Brandão (2020) sintetizou nanopartículas de carbono (C-dots) funcionalizadas com Cu-NP e com óleo essencial de cravo-da-índia e observou a possibilidade de utilização dessas nanopartículas após apresentarem atividade antimicrobiana

moderada contra *E. coli* e *S. aureus*.

Antes disso Dong *et al.* (2017) investigaram a combinação de *CDots* fotoativados com outros produtos químicos antimicrobianos geraria efeito antimicrobiano sinérgico ou aprimorado e observaram que os *CDots* inibiram crescimento de bactérias Gram negativas *E. coli* e Gram positivas *B. subtilis*, sendo o efeito inibitório dependente da concentração de *CDots*. Houve redução do crescimento bacteriano em aproximadamente 88% quando os *CDots* foram associados com H₂O₂, ocorrendo ação sinérgica parcial. Já na associação de *CDots* com Na₂CO₃ não houve nenhum efeito sinérgico. Os testes dos diferentes antimicrobianos em associação com *CDots* em uma determinada faixa de pH não afetou os efeitos antimicrobianos dos *CDots*. Jhonsi *et al.* (2018) e Raffi *et al.* (2010) também obtiveram resultados semelhantes identificando *CDots* com atividade antimicrobiana e antifúngica.

O Gálio também é um elemento químico que sintetizado nanopartículas apresentou resultados promissores sendo mais indicado para uso em formas farmacêuticas apresentando inibição de *S. epidermidis*, *E. coli*, *S. aureus* e *C. albicans* (SALES, 2020). Importante ressaltar que os resultados obtidos por Sales (2020), Abdalla *et al.* (2015), Anderson *et al.* (2015) e Bastos *et al.* (2019) observaram maior inibição com menor concentração dos nanocompósitos utilizados, destacando a necessidade de escolha criteriosa das concentrações utilizadas uma vez que altas concentrações podem trazer resultados não muito satisfatórios.

A Tabela 1 lista alguns artigos que avaliaram a atividade antimicrobiana de diversos nanocompósitos onde todos obtiveram resultados satisfatórios quanto a sua utilidade para esse fim.

Autor/ano	Objetivo	Principais resultados	Conclusão
ABDALLA <i>et al.</i> , 2015.	Avaliar a atividade inibitória do crescimento de diferentes compostos de Ga contra uma cepa da <i>American Type Culture Collection</i> (ATCC) e isolados clínicos de <i>M. abcessus</i> obtidos de pacientes com fibrose cística.	O gálio inibe o crescimento de ATCC 19977 e de isolados clínicos de <i>M. abcessus</i> , porém tem seu efeito inibitório de crescimento parcialmente revertido pelo ferro exógeno. Ressalta-se que diferentes compostos de gálio têm efeito inibitório similar com a exceção de Ga-citrato.	O Ga(NO ₃) ₃ se mostrou com atividade antimicrobiana significativa contra <i>M. tuberculosis</i> e outras micobactérias, além de apresentar atividade semelhante in vitro contra <i>M. abcessus</i> , bactéria de importância relevante para pacientes com fibrose cística. O estudo confirmou a maior atividade da Ga-protoporfirina in vitro do que a Ga(NO ₃) ₃ . O estudo mostrou que a terapia baseada em gálio é uma possível alternativa para novas terapias contra <i>M. abcessus</i> .
ANTUNES <i>et al.</i> , 2012.	Investigar o metabolismo do ferro como um possível alvo para a quimioterapia anti- <i>A. baumannii</i> usando gálio como mimético do ferro.	O Ga (III) inibiu o crescimento de <i>A. baumannii</i> com efeito dose-dependente. Além disso, notou-se que os efeitos do Ga (III) são ligeiramente influenciados pela escala e condições de cultura. Sendo o Ga (III) usado como mimético do ferro, seu efeito inibidor no metabolismo bacteriano é revertido pelo aumento da concentração de ferro.	Embora os efeitos antibacterianos do Ga(NO ₃) ₃ o tornem uma alternativa para o tratamento de <i>A. baumannii</i> intratáveis de outra forma, os efeitos nefrotóxicos devem ser avaliados, devido ao risco de insuficiência renal.

BALDONI <i>et al.</i> , 2010.	Investigar a atividade do malto-lato de gálio contra estafilococos.	As MICs de GaM foram aproximadamente 10 vezes maiores para cepas laboratoriais de <i>S. aureus</i> do que para laboratoriais de <i>S. epidermidis</i> . Na fase estacionária, o GaM teve efeito bactericida apenas contra <i>S. epidermidis</i> . Além disso, o GaM inibiu o crescimento de todas as cepas testadas	Embora a dose in vitro contra cepas laboratoriais com efeito significativo tenha variado entre 100 e 2.000 ug/ml, provavelmente, devido baixos níveis no soro após administração, o GaM não atingirá concentrações terapêuticas em humanos em tratamento sistêmico.
DE OLIVEIRA BASTOS <i>et al.</i> , 2010.	Avaliar os efeitos do gálio (III) [Ga(2Am4DH) ₂]NO ₃ (1), [Ga(2Am4Me) ₂]NO ₃ (2) e [Ga(2Am4Et) ₂]NO ₃ (3) com 2-piridinaformamida tiosemicarbazona (H2Am4DH) e seus derivados N(4)-metil(H2Am4Me) e N(4)-etil(H2Am4Et) contra cepas patogênicas de <i>Cryptococcus</i> .	Todas as tiosemicarbazona e seus complexos de gálio (III) apresentaram atividade fungistática, mas não fungicida, contra <i>Cryptococcus</i> . Dentre as tiosemicarbazonas, a H2Am4DH mostrou maior atividade antifúngica contra algumas cepas, além de ter sua atividade melhorada quando associada ao Ga (III).	A coordenação com o gálio pode ser uma estratégia considerável na redução da dose de antifúngicos.
CHOI; BRITIGAN; NARAYANASAM, 2019.	Investigar a atividade antibiofilme e antibacteriana intracelular e extracelular de porfirinas e nanopartículas de Ga (III) contra <i>P. aeruginosa</i> e <i>A. baumannii</i> .	Sob condições de depleção de ferro, GaPP e GaMP demonstraram efeito semelhante na inibição do crescimento de <i>P. aeruginosa</i> . Já o GaPC não foi tão ativo contra as cepas de <i>P. aeruginosa</i> e <i>A. baumannii</i> . Além disso, notou-se que o GaPP em concentrações inferiores à MIC de GaPP para cepas de <i>P. aeruginosa</i> demonstrou aumento da atividade antimicrobiana	Todas as cepas de <i>P. aeruginosa</i> e <i>A. baumannii</i> foram suscetíveis a GaPP e GaMP, com MICs variando entre 0,5 e 32 ul/ml em meio pobre em ferro

Tabela 1. Artigos selecionados na pesquisa nas bases de dados citadas na metodologia

5. CONCLUSÃO

A utilização de compostos nanoestruturados como abordagem terapêutica para o tratamento de infecções causadas por bactérias e fungos apresenta resultados promissores. Não houve consenso a respeito da via de administração e dose, bem como com ação dos compostos em determinados microorganismos. Evidenciou-se eficácia para o tratamento de infecções causadas por fungos e bactérias multirresistentes, em pacientes com comorbidades ou que já foram submetidos a divergentes terapias com fármacos. Contudo, foi evidenciado níveis de toxicidade em alguns compostos, principalmente pela necessidade por vezes de uso com doses elevadas para garantir sucesso em resultado.

De outra maneira, não houve unanimidade entre os autores sobre qual nanopartícula seria mais eficaz como abordagem terapêutica para tratamento de infecções causadas por bactérias e/ou fungos multirresistentes. Assim, demanda-se mais estudos para averiguar o mecanismo de ação dos principais compostos nanoestruturados como antibacteriano e antifúngico, e possibilidade de redução dos efeitos colaterais, a fim de promover uma

abordagem terapêutica eficaz e com menos danos ao paciente, tendo em vista o vasto número de agentes microbianos que apresentam resistência terapêutica.

Referências

- ABDALLA, Maher Y. et al. Gallium compounds exhibit potential as new therapeutic agents against *Mycobacterium abscessus*. **Antimicrobial agents and chemotherapy**, v. 59, n. 8, p. 4826-4834, 2015.
- AL AWAK, Mohamad M. et al. Correlation of carbon dots' light-activated antimicrobial activities and fluorescence quantum yield. **RSC advances**, v. 7, n. 48, p. 30177-30184, 2017.
- ANANTH, A. et al. Copper oxide nanomaterials: Synthesis, characterization and structure-specific antibacterial performance. **Chemical Engineering Journal**, v. 262, p. 179-188, out. 2014.
- ANCHIETA, Felipe. **Nanotecnologia: uma breve introdução**. LinkedIn 17 de mar. de 2020. Disponível em: <<https://pt.linkedin.com/pulse/nanotecnologia-uma-breve-introdu%C3%A7%C3%A3o-felipe-anchieta>>. Acesso em: 20 de ago. de 2023.
- ANDERSON, M.J.; DAVID, M.L.; SCHOLZ, M. BULL, S.J.; MORSE, D.; HULSE-STEVENSON, M. et al. Efficacy of skin and nasal povidone-iodine preparation against mupirocin-resistant methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* and *S. aureus* within the anterior nares. **Antimicrobial agents and Chemotherapy**. V. 59, p 2765-2773, 2015.
- antimicrobial resistance**, 2001.
- ANTUNES, Luísa C.S. et al. In vitro and in vivo antimicrobial activities of gallium nitrate against multidrug-resistant *Acinetobacter baumannii*. **Antimicrobial agents and chemotherapy**, v. 56, n. 11, p. 5961-5970, 2012.
- BALDONI, Daniela et al. In vitro activity of gallium maltolate against *Staphylococci* in logarithmic, stationary, and biofilm growth phases: comparison of conventional and calorimetric susceptibility testing methods. **Antimicrobial agents and chemotherapy**, v. 54, n. 1, p. 157-163, 2010.
- BASTOS, R. W.; ROSSATO, L.; VALERO, C.; LAGROU, K.; COLOMBO, A.L.; GOLDMAN, G. H. Potencial of Gallium as na Antifungal agente. **Frontiers in Cellular and Infection Microbiology**. v. 414, p 1-11, 2019.
- BIANCO, Letícia Monteiro. **Avaliação antifúngica de nanoestruturas de tungstato de prata contra leveduras e fungos dermatófitos**. 2021.
- BOOSHEHRI, A. Y.; WANG, R.; XU, R. Simple method of deposition of CuO nanoparticles on a cellulose paper and its antibacterial activity. **Chemical Engineering Journal**, v. 262, p. 999-1008, 2015.
- BRANDÃO, Luana Maria Magalhães de Souza. **Síntese de nanopartículas de carbono funcionalizadas com cobre e óleo essencial de cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum* L) e seus efeitos antimicrobianos**. 2020.
- CHATTERJEE, Arijit Kumar et al. A simple robust method for synthesis of metallic copper nanoparticles of high antibacterial potency against *E. coli*. **Nanotechnology**, v. 23, n. 8, p. 085103, 2012.
- CHOI, Seoung-ryoung; BRITIGAN, Bradley E.; NARAYANASAMY, Prabakaran. Iron/heme metabolism-targeted gallium (III) nanoparticles are active against extracellular and intracellular *Pseudomonas aeruginosa* and *Acinetobacter baumannii*. **Antimicrobial agents and chemotherapy**, v. 63, n. 4, p. 10.1128/aac. 02643-18, 2019.
- CIERECH, M. et al. Zinc oxide nanoparticles cytotoxicity and release from newly formed PMMA-ZNO nanocomposites designed for denture bases. **Nanomaterials**, v. 9, n. 9, p. 1318, 2019.
- COELHO, José Leonardo Gomes et al. Dermatofito: resistência a antifúngicos. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 10, p. 74675-74686, 2020.
- DASTJERDI, R.; MONTAZER, M. A review on the application of inorganic nano-structured materials in the modification of textiles: Focus on anti-microbial properties. **Colloids and Surfaces: Biointerfaces**, v. 79, p. 5-18, 2010.
- DE OLIVEIRA BASTOS, Thaíssa et al. Coordination to gallium (III) strongly enhances the potency of 2-pyridine-formamide thiosemicarbazones against *Cryptococcus* opportunistic fungi. **Microbiological Research**, v. 165, n. 7, p. 573-577, 2010.
- DONG, Xiuli et al. Antibacterial effects of carbon dots in combination with other antimicrobial reagents. **PloS one**, v. 12, n. 9, p. e0185324, 2017.
- FOGGI, C. C. et al. Synthesis and evaluation of A-Ag₂WO₄ as novel antifungal agent. *Chemical Physics Letters*,



v. 674, p. 125–129, 2017.

GIBELLI, I. C. **Ação Antibacteriana de Nanopartículas de Prata em Poli (ácido láctico). PLA e a avaliação da Biodegradação. 2012. 52 f.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de São Carlos, 2012.

GURUNATHAN, S.; HAN, J. W.; KWON, D. H.; KIM, J. H. Enhanced antibacterial and anti-biofilm activities of silver nanoparticles against Gram-negative and Gram-positive bacteria. *Nanosc. Res. Lett.*; v. 9, n. 373, p. 1-17, 2014.

HARIKUMAR, P.S.; ARAVIND, A. Antibacterial Activity of Copper Nanoparticles and Copper Nanocomposites against Escherichia Coli Bacteria. **International Journal of Sciences**. Vol 5. 2016.

IJAZ, F.; SHAHID, S.; KHAN, S. A.; AHMAD, W.; ZAMAN, S. Green synthesis of copper oxide nanoparticles using *Abutilon indicum* leaf extract: Antimicrobial, antioxidant and photocatalytic dye degradation activities. **Tropical Journal of Pharmaceutical Research**, v. 16, n. 4, p. 743, 2017.

JHONSI, Mariadoss Asha et al. Antimicrobial activity, cytotoxicity and DNA binding studies of carbon dots. **Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, v. 196, p. 295-302, 2018.

JIANG, J.; PI, J.; CAI, J. The Advancing of Zinc Oxide Nanoparticles for Biomedical Applications. **Bioinorganic Chemistry and Applications**, v. 2018, Article ID 1062562, 18 pages, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/1062562> 2018

KAIRYTE, K.; KADYS, A.; LUKSIENE, Z. Antibacterial and antifungal activity of photoactivated ZnO nanoparticles in suspension. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 128, p. 78–84, 2013.

KIRTH, A.V; RAHUMAN, A.A; JAYASEELAN, C.; KARTHIK.L; MARIMUTHU, S.; SANTOSHKUMAR, T; VENKATESAN, J; KIM, S. K; KUMAR, G.; KUMAR, S. R. R; RAO, K.V. B. Novel approach to synthesis silver nanoparticles using plant pathogenic fungi, *Puccinia graminis*. **Mat. Left.**, v. 81, p 69-72, 2012.

LALLO DA SILVA, B.; CAETANO, B. L.; et al. Increased antibacterial activity of ZnO nanoparticles: Influence of size and surface modification. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 177, p. 440–447, 2019.

LANDSDOWN, A. B. G. Silver I: its antibacterial properties and mechanism of action. **J. Wound Care**, v. 11, p. 125-138, 2002.

LAURENTI, M.; CAUDA, V. ZnO nanostructures for tissue engineering applications. **Nanomaterials**, v. 7, n. 11, p. 374, 2017.

NAZ, S.; GUL, A.; ZIA, M. Toxicity of copper oxide nanoparticles: A review study. **IET Nanobiotechnology**, v. 14, n. 1, p. 1–13, 2020.

NOORIAN, S. A.; HEMMATINEJAD, N.; NAVARRO, J. A. R. Ligand modified cellulose fabrics as support of zinc oxide nanoparticles for UV protection and antimicrobial activities. **Biological Macromolecules**, v. 154, p. 1215–1226, 2019.

PANDIYARAJAN, T.; UDAYABHASKAR, R.; VIGNESH, S.; JAMES, R. A.; KARTHIKEYAN, B. Synthesis and concentration dependent antibacterial activities of CuO nanoflakes. **Materials Science and Engineering**. v. 33. p. 2020–2024. 2013.

RAFFI, Muhammad et al. Investigations into the antibacterial behavior of copper nanoparticles against Escherichia coli. **Annals of microbiology**, v. 60, n. 1, p. 75-80, 2010.

RAMYADEVI, J. et al. Synthesis and antimicrobial activity of copper nanoparticles. **Materials Letters**, v. 71, p. 114–116, 2012.

REN, G. et al. Characterisation of copper oxide nanoparticles for antimicrobial applications. **International Journal of Antimicrobial Agents**, v. 33, n. 6, p. 587-590, 2009.

ROY, K.; SARKAR, C. K.; GHOSH, C. K. Antibacterial mechanism of biogenic copper nanoparticles synthesized using *Heliconia psittacorum* leaf extract. **Nanotechnology Reviews**, v. 5, n. 6, p. 529–536, 2016.

RUBILAR, O. et al. Biogenic nanoparticles: copper, copper oxides, copper sulphides, complex copper nanostructures and their applications. **Biotechnology letters**, v. 35, n. 9, p. 1365-1375, 2013.

SALES, Victor de Albuquerque Wanderley. Desenvolvimento de pomada protetora à base de nanoestruturas de Gálio como alternativa de um novo antimicrobiano. **Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco**. 2020.

SILVA, Shellygton Lima et al. Perfil de sensibilidade antifúngica de isolados clínicos obtidos de onicomicose aos antifúngicos convencionais. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 8, p. e561985775-e561985775, 2020.

- SIRELKHATIM, A. et al. Review on zinc oxide nanoparticles: Antibacterial activity and toxicity mechanism. **Nano-Micro Letters**, v. 7, n. 3, p. 219–242, 2015.
- SIVARAJ, R. et al. Biosynthesis and characterization of *Acalypha indica* mediated copper oxide nanoparticles and evaluation of its antimicrobial and anticancer activity. **Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, v. 129, p. 255-258, 2014.
- SUDARENKOV, V. Nanotechnology: balancing benefits and risks to public health and the environment. Strasbourg: Council of Europe, Committee on Social Affairs, Health and Sustainable Development; 2013.
- SUDARENKOV, V. Nanotechnology: balancing benefits and risks to public health and the environment. **Strasbourg: Council of Europe, Committee on Social Affairs, Health and Sustainable Development**, 2013.
- TEIXEIRA, A. R.; FIGUEIREDO, A. F. C.; FRANÇA, R. F. Resistência Bacteriana Relacionada Ao Uso Indiscriminado De Antibióticos. *Revista Saúde em Foco*, n. 11, p. 853– 875, 2019.
- VAHABI, K.; MANSOORI, G, A.; KARIMI, S. Biosynthesis of Silver Nanoparticles by Fungus *Trichoderma reesei*. (A Route for Large-Scale Production of AgNPs). **Insciencas J.**; v. 1, n 1, p. 65-79, 2011.
- VENTOLA, C. L. The antibiotic resistance crisis: causes and threats. **Pharmacy and Therapeutics Journal**, v. 40, p. 277–83, 2015.
- WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global strategy for containment of**
- WOLD, A.; DWIGHT, K. Solid state chemistry: synthesis, structure, and properties of selected oxides and sulfides. **[S.l.]: Springer**, 1993.

9

IMPACTOS DA PANDEMIA DO COVID-19 NA PERCEPÇÃO E USO DE ÁREAS VERDES URBANAS EM SÃO LUÍS

IMPACTS OF THE COVID-19 PANDEMIC ON THE PERCEIVED USE OF URBAN GREEN AREAS

Poliane Amorim do Vale¹

Nathalia Silva Castro²

Paulo de Jesus Pereira Neto³

Bento Vieira Sobrinho⁴

Maria Claudia Gonçalves⁵

Bruno Bavaresco Gambassi⁶

Maycon Henrique Franzoi de Melo⁷

1 Educação Física, Universidade Ceuma, São Luís-MA

2 Mestre em Meio Ambiente, Universidade Ceuma, São Luís-MA

3 Mestrando em Meio Ambiente, Universidade Ceuma, São Luís-MA

4 Mestrando em Direito e Afirmação de Vulneráveis, Universidade Ceuma, São Luís-MA

5 Doutora em Reabilitação Funcional, Universidade Ceuma, São Luís-MA

6 Doutor em Educação Física, Universidade Ceuma, São Luís-MA

7 Doutor em Ciências Sociais, Universidade Ceuma, São Luís-MA

Resumo

Desde 2020 a pandemia do COVID-19 provocou drásticas alterações no modo de vida da população mundial. As medidas de precaução e controle da disseminação do vírus, baseadas no isolamento social e diminuição da mobilidade urbana, foram decisivas para as mudanças no uso e percepção de determinadas áreas das cidades, como às áreas verdes urbanas. O objetivo deste artigo é avaliar os impactos da pandemia do Covid-19 na percepção de uso das áreas verdes urbanas em São Luís (MA). Trata-se de uma pesquisa analítica, com abordagem quantitativa e delineamento transversal realizada nos parques municipais e estaduais do estado do Maranhão. Os dados relativos ao perfil sociodemográfico e a percepção de uso das áreas verdes foram coletados por meio de questionário online via google forms enviado por listas de telefone, WhatsApp, grupos de e-mail, Instagram, Facebook utilizando o método “snowball sampling”. De acordo com os resultados encontrados, (61%) dos participantes eram mulheres e (36%) homens. A média de idade foi de 34 anos. Em relação a percepção de uso, (30%) usaram o Parque municipal do bom menino antes do período de restrições. (30%) dos participantes frequentaram pelo menos uma vez por semana o parque urbano antes do período de restrições, (37%) desses participantes também relataram que usaram o parque urbano por mais de 3 vezes na semana após o período de restrições. Conclui-se que a maior parte dos participantes passaram a frequentar mais as áreas verdes em parques urbanos de São Luís após o período da pandemia do Covid-19.

Palavras chaves: Parques urbanos, Áreas verdes urbanas, Uso, Pós Pandemia, Pandemia da Covid-19.

Abstract

Since 2020, the pandemic of COVID-19 has caused drastic changes in the way of life of the world population. The precaution and control measures of the virus dissemination, based on social isolation and reduced urban mobility, were decisive for changes in the use and perception of certain areas of the cities, such as urban green areas. The objective of this article is to evaluate the impacts of the Covid-19 pandemic on the perception of use of urban green areas in São Luís (MA). This is an analytical research, with quantitative approach and cross-sectional design conducted in municipal and state parks in the state of Maranhão. The data related to the sociodemographic profile and the perception of use of green areas were collected through online questionnaire via google forms sent by phone lists, WhatsApp, email groups, Instagram, Facebook using the “snowball sampling” method. According to the results found, (61%) of the participants were female and (36%) male. The average age was 34 years old. Regarding the perceived use, (30%) used the park before the restriction period, (30%) of the participants used the park at least once a week before the restriction period, (37%) of these participants also reported that they used the park more than 3 times a week after the restriction period. We conclude that most of the participants started to frequent more green areas in urban parks in São Luís after the Covid-19 pandemic period.

Keywords: Urban parks, Green areas, Perception, Use, Post Pandemic.



1. INTRODUÇÃO

Desde 2020 a pandemia do COVID-19 provocou drásticas alterações nos modos de vida da população mundial. No mundo todo, pesquisas indicaram que os confinamentos foram medidas eficazes contra a propagação do vírus (WILDER-SMITH; FREEDMAN, 2020), no entanto, o isolamento social também foi associado a prejuízos na saúde mental e no bem estar da população (BROOKS *et al.*, 2020).

As medidas de precaução e controle da disseminação do vírus, baseadas no isolamento social e diminuição da mobilidade urbana, foram decisivas para as alterações no uso e percepção de determinadas áreas das cidades, como às áreas verdes urbanas (AVU) (PORTINGA *et al.*, 2020; SCHIO *et al.*, 2020; LOPEZ *et al.*, 2021; UGOLINI *et al.*, 2021).

As AVU são espaços das cidades que possuem benefícios ecossistêmicos, como a diminuição da temperatura, o aumento da umidade do ar, a diminuição da poluição atmosférica, bem como absorção de poluentes e regulação hídrica (NOWAK *et al.*, 2014; ISAIFAN; BALDAUF, 2020).

As AVU atuam também como suporte na biodiversidade de plantas e animais (FILAZZOLA *et al.*, 2019), assim como são provedoras de alimentos (jardins\hortas públicas) e prestadoras de serviços culturais e sociais (KRAJTER OSTOIC *et al.*, 2020).

Áreas verdes urbanas possuem ainda funções estéticas e recreativas, trazendo também benefícios salutogênicos. A forma como essa associação entre AVU e saúde ocorre ainda carece de maiores investigações, mas tudo indica que seja de forma multifatorial, onde o tempo de exposição as áreas verdes está associado a aspectos positivos sobre a saúde mental, desenvolvimento cognitivo e atenção, obesidade e sedentarismo, envelhecimento, morbidade, desfechos nos nascimentos e desenvolvimento fetal (AMATO-LOURENÇO *et al.*, 2016).

No que diz respeito as possíveis associações entre áreas verdes e efeitos positivos a saúde mental da população, estudos epidemiológicos longitudinais tem demonstrado que quanto maior a exposição de adultos a áreas verdes maiores tem sido os escores de avaliação para saúde mental (VAN DER BERGER *et al.*, 2016).

Em relação a saúde física, especificamente obesidade e sedentarismo, estudos conduzidos com crianças e adultos indica que a presença de AVU no entorno de suas casas foi associado com menores índices de prevalência ao sedentarismo e obesidade, bem como melhora na qualidade de vida (DADVAND *et al.*, 2014; VAN DEN BOSCH; SANG, 2017).

Não ter acesso as AVU durante a pandemia do Covid-19, devido as medidas de isolamento social e ao fechamento de espaços públicos ao ar livre, se mostrou algo de grande relevância para a população usuária, ao ponto de modificar suas formas de uso e percepção deste espaço (UGOLINI *et al.*, 2020).

A tendencia das pessoas usarem estes espaços se contrasta com o medo de contágio e, conseqüentemente, cria uma diminuição na mobilidade urbana. A pandemia do Covid-19 e o baixo número de AVU nas metrópoles brasileiras reinstaurou grandes paradigmas da sociedade moderna: como encontrar o equilíbrio nas ações entre humanos e ambiente dentro das cidades. Frente a períodos pandêmicos, que sabemos, podem se repetir, a relevância das AVU e a necessidade de ampliar sua presença na malha urbana, por exemplo, em “pocket parks”, tem ganhado notoriedade no meio acadêmico (LIU; WANG, 2021).

No Brasil grande parte das AVU estão em Unidades de Conservação (UC), denominação criada através da Lei nº 9.985 para se referir a espaços territoriais e recursos ambientais que possuem características naturais relevantes, com o objetivo de conservação e limites definidos (SNUC, 2000). Hoje são 74 UC distribuídas em todos estados brasileiros, a maioria delas é aberta à visitação. Uma das categorias de unidade de conservação que reúne milhares de pessoas diariamente nas cidades é a de Parque Nacional, que no âmbito de criação Estadual ou Municipal, é denominado, respectivamente, de Parque Estadual e Parque Natural Municipal.

Nossa hipótese é de que as AVU, especificamente nas categorias de Parque Nacional, Parque Estadual e Parque Natural Municipal, tendem a ser mais procuradas no momento pós-pandemia por serem alternativas de atividade física, de lazer e socialização em espaços públicos e abertos, o que redimensionaria a relevância das AVU nas cidades brasileiras. Diante desse debate sobre a relevância das AVU em tempos pandêmicos, o objetivo desta investigação é avaliar os impactos da pandemia do Covid-19 no uso e percepção de áreas verdes urbanas em São Luís.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Trata-se de uma pesquisa analítica, com abordagem quantitativa e delineamento transversal. Será realizada através de um questionário online enviado por listas de telefone e WhatsApp, grupos de e-mail, Instagram, Facebook e por meio do método “snowball sampling” a uma rede de professores\pesquisadores (SCHIO *et al.*, 2020) que se encontram nos municípios brasileiros com mais de 1 milhão de pessoas e que possuem unidades de conservação como Parque Nacional, Parque Estadual ou Parque Natural Municipal.

O estudo teve como critério de inclusão pessoas de ambos os sexos que vivem em capitais maranhenses e, que possuem UC's em seu perímetro urbano, como Parque Estadual e Parque Natural Municipal.

Os critérios de exclusão do estudo foram para pessoas com menos de 18 anos ou que vivem em capitais que não possuem mais de 1 milhão de habitantes ou UC's como Parque Estadual ou Parque Natural Municipal em seu perímetro urbano.

Desenvolvemos um questionário online que foi dividido em três sessões. Na primeira sessão abordamos os dados sociodemográficos dos participantes e a distância de sua residência até a UC's.

Na segunda sessão comparamos a frequência e o uso das UC's antes, durante e o período posterior a pandemia, bem como as barreiras que impediram esse uso.

Os dados do questionário foram analisados estatisticamente através de estatística descritiva e análise de regressão para identificar as formas pelas quais a pandemia da COVID-19 e o posterior confinamento tiveram impacto no uso e na percepção das AVU em São Luís.

Os resultados foram considerados estatisticamente significativos para $p < 0,05$. para todas as análises estatísticas será utilizado o programa SPSS, versão 23.0.

Esta pesquisa foi submetida à aprovação pelo comitê de Ética e pesquisa (CEP) em atendimento a resolução CNS/MS nº 466/12, onde os entrevistados serão inicialmente esclarecidos sobre os objetivos e forma de participação no estudo e para aqueles que aceitarem em participar, responderam os questionários e consentirão com o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) enviado junto com o questionário online.



3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados identificados revelam que o número total de participantes da pesquisa foi de 47 (N = 47). Em relação ao sexo dos participantes, (61%) eram do sexo feminino e (36%) do sexo masculino. A média de idade entre ambos foi de 24 anos. Em termos de estado civil, (58%) são solteiros, (34%) casados, (6%) eram divorciados. Com relação ao nível de escolaridade, (44%) tem ensino superior, seguido de (25%) para ensino médio, (17%) mestrados (pós-graduação), (2%) ensino fundamental e (8%) doutorado. Sobre o grupo étnico dos participantes, (55%) dos entrevistados apresentaram ser pardos, seguido de (29%) declararam ser brancos, (12%) aparentaram ser pretos, (2%) declararam ser amarelos, (0%) indígenas conforme mostra a (Tabela 1).

Dados Sociodemográficos	Variáveis	N	Porcentagem (%)
Sexo	Feminino	30	61,7%
	Masculino	17	36,2%
Idade (faixa etária)	Média de idade	34	
	17-18 anos	2	4,2%
	19-24 anos	10	21,3%
	24-34 anos	14	29,8%
	35-44 anos	9	19,1%
	45-54 anos	6	12,8%
	55-64 anos	6	12,8%
Estado civil	Casados	15	34,8%
	Solteiros	27	58,7%
	Divorciados	5	6,5%
Nível de Escolaridade	Ensino Fundamental	2	4,3%
	Ensino Médio	11	25,5%
	Superior	24	44,7%
	Mestrado	7	17%
	Doutorado	3	8,5%
Grupo étnico	Indígena	0	0%
	Preto	6	12,8%
	Branco	14	29,8%
	Pardo	26	55,3%
	Amarelo	1	2,1%

Tabela 1 - Perfil sociodemográfico dos participantes da pesquisa, frequentadores de áreas verdes em São Luís, 2022. Autores (2023).

Percebeu-se que quem mais frequentou as áreas verdes pós a pandemia foi o público feminino (61%) mais jovem de maior nível de escolaridade (44%). Esses achados se diferem do estudo realizado por Larson *et al.* (2021) relataram que (55%) dos moradores da Carolina do Norte (EUA) socialmente vulneráveis e de baixa renda, diminuiriam o uso frequente das áreas verdes na pandemia do Covid-19. Já os resultados da pesquisa realizada por Da Schio *et al.* (2021) analisaram os diferentes perfis sociodemográficos que (59%) das mulheres de alto nível de educação aumentaram o uso frequente das áreas verdes durante o período da pandemia. Fermino, Hallal e Reis (2017) buscaram associar o uso frequente dos parques urbanos e praças em Curitiba, Paraná, identificaram que maior frequência do público foi dos indivíduos do sexo masculino.

Na Figura 1 apresenta-se o uso das áreas verdes mais frequente pós pandemia do Covid-19. Percebe-se que (30%) dos participantes frequentaram mais o Parque Natural Municipal do Bom Menino, que fica localizado no centro da cidade de São Luís.

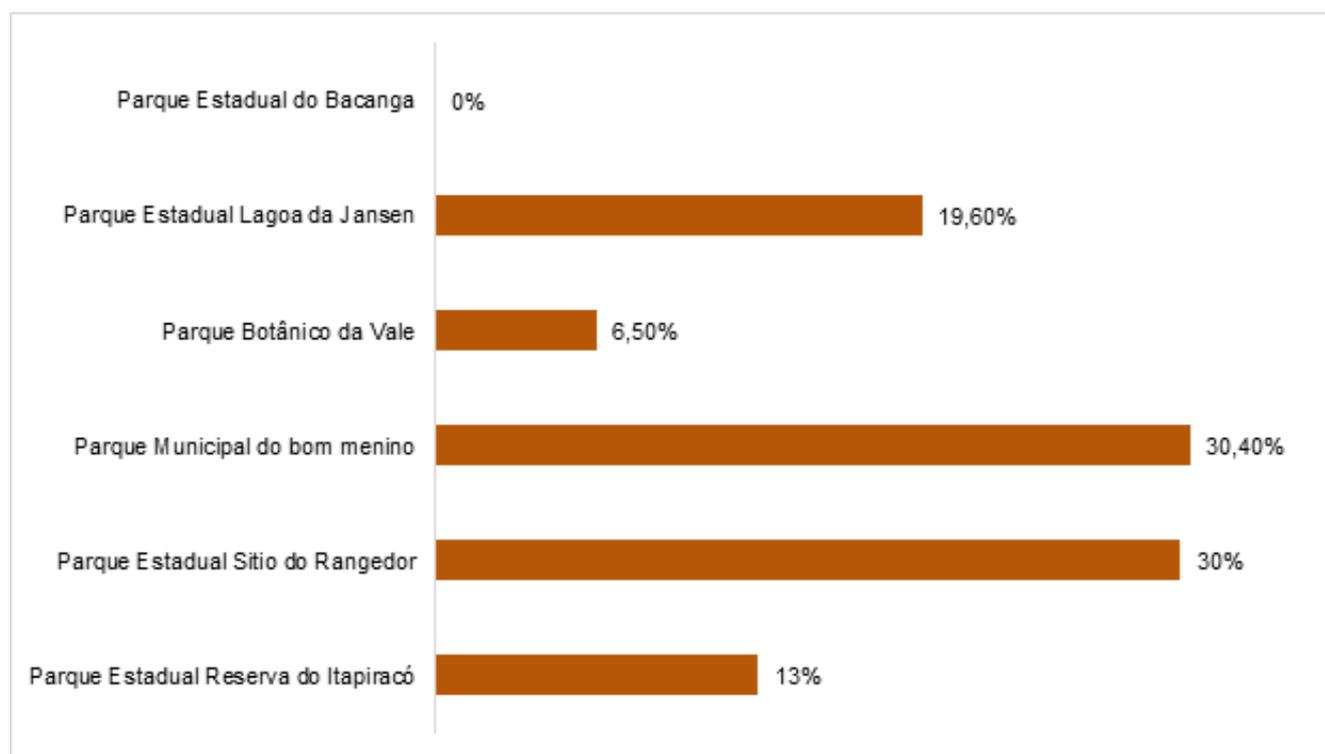


Figura 1. Uso da área verde mais frequente.

Fonte: autores (2023).

Estes resultados, indicando a busca da população por áreas verdes, se aproxima do estudo feito por Paiva, De Andrade e Da Silva Andrade (2022), que identificaram que os parques urbanos foram mais valorizados e frequentados após a pandemia do covid-19 em Pernambuco. Os frequentadores buscaram mais os parques Euclides Dourado e o Parque Ruber Van Der Linden por convívio, contato com a natureza, lazer e promoção da saúde. No estudo de De Lima *et al.* (2020) realizado no Parque Cidade de Toronto SP, constataram que 54% dos frequentadores usaram o parque no período da tarde e manhã mesmo em período pandêmico por contato com o meio ambiente. Já no estudo de Goethals (2021), os frequentadores dos parques urbanos no Canadá usaram as áreas verdes mais no período do verão, caracterizando uma alta frequência durante o pico pandemia da covid-19 em busca de atividades físicas para sair do estilo de vida sedentário.

Levando em consideração essa procura dos parques urbanos mesmo no período da pandemia do Covid e pós Covid, identificou-se as diferenças no uso das áreas verdes antes,

durante e após o período de restrições. Conforme mostra a Figura 2 nesta investigação.

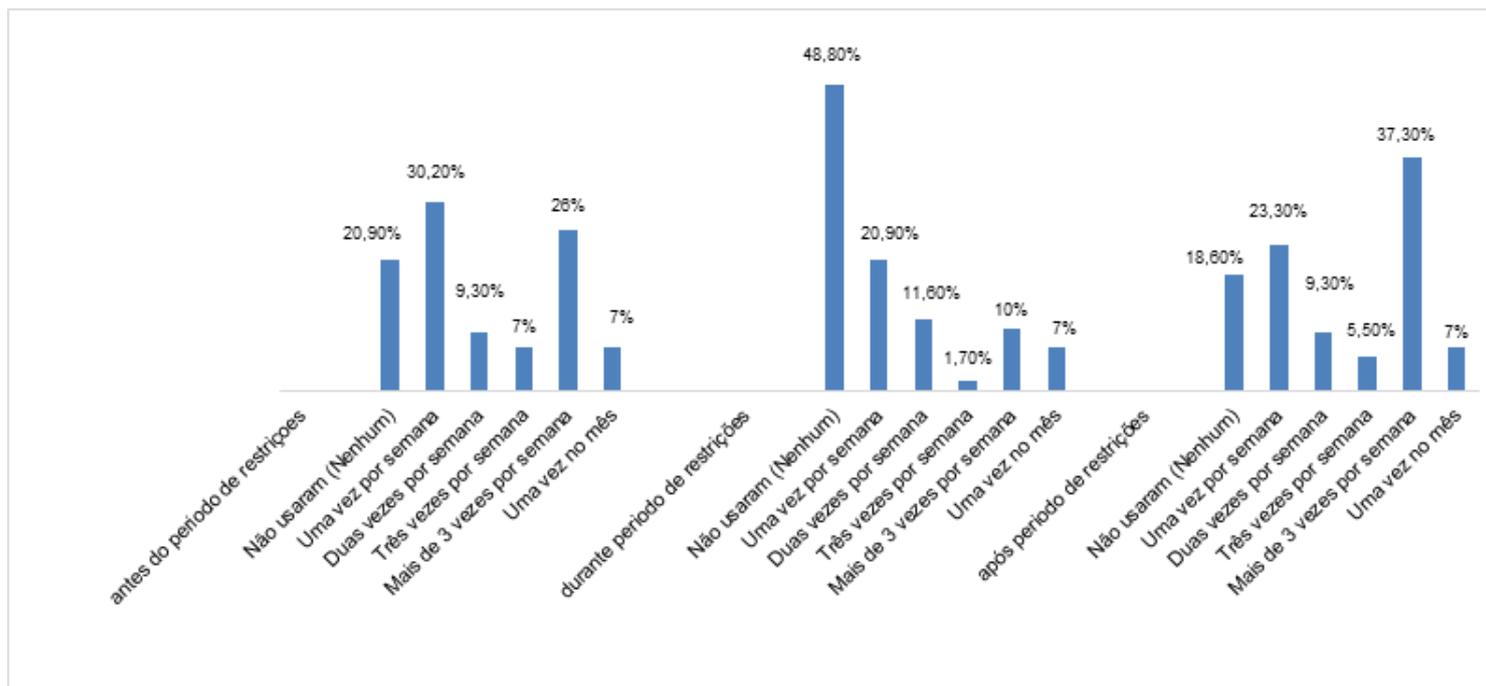


Figura 2. Uso das áreas verdes antes, durante e após pandemia da covid-19.

Fonte: Autores (2023).

Na figura 2 pode-se observar que 30% dos participantes frequentaram pelo menos uma vez e 26% frequentaram mais de três vezes na semana por semana as áreas verdes antes do período de restrições do Covid-19. Durante o período das restrições, 48% disseram que não usaram as áreas verdes. Após os períodos de restrição, 23% dos frequentadores visitaram as áreas verdes pelo menos uma vez na semana durante e 37% dos participantes relataram usar as áreas verdes por mais de 3 vezes na semana após o período de restrições da pandemia do Covid-19.

Segundo Khozaei *et al.* (2021) antes da pandemia do Covid-19 os parques urbanos era lugares saudáveis para frequentar, porém durante a pandemia não se encontra vitalidade devido à ausência de pessoas.

Derks, Giessen e Winkel (2020) relataram que antes do período de restrições os participantes mudaram os padrões de visitas com alto fluxo constante da frequência de uso dos parques urbanos na Cidade Boom na Alemanha na pré Covid-19. Venter *et al.* (2020), evidenciaram que durante o período de restrições houve um aumento de (19%) nas visitas dos parques urbanos em Oslo na Noruega, como atividade recreativa de caminhar, andar de bicicleta, e principalmente trilhas ecológicas.

Já Ximenes *et al.* (2020) destacaram em seu estudo que após o período da pandemia 90,5% dos frequentadores recomendaram a ampliação das áreas verdes públicas para melhor utilização de lazer nos parques municipais da Cidade de São Paulo. No estudo de Vilani, Pena e Simões (2020) revelaram que no período pós-covid houve uma maior frequência no ecoturismo no parque nacional da Tijuca e parque estadual da Pedra e que frequentadores buscaram mais as unidades de conservação para o lazer.

De modo geral, estudos em diferentes regiões do mundo indicam que houve mudanças na forma de uso e percepção das áreas verdes, sendo destacadas suas funções salutogênicas frente as enfermidades intensificadas pela pandemia do Covid-19. As áreas verdes passaram a ser mais visitadas e a relevância que possuem aos moradores das cidades tem aumentado.

4. CONCLUSÃO

Nas grandes metrópoles os parques urbanos têm surgido como espaço de área verde para práticas de atividades físicas, de lazer, entretenimento e socialização. Em diferentes contextos, seu potencial de prestar serviços salutogênicos têm sido destacados e reforçados nas pesquisas.

Os resultados dessa investigação caracterizaram que o perfil sociodemográfico dos participantes inclui um número maior de mulheres, com faixa etária entre 34 anos e nível superior. Percebemos que houve um aumento significativo na frequência de uso das áreas verdes após os períodos de restrição da pandemia do Covid-19, sendo que o Parque Natural Municipal do Bom menino, que fica no centro da cidade, foi a área verde mais visitada pelos participantes.

Pesquisas que indiquem o uso e a percepção que a população ludovicense faz das áreas verdes podem contribuir para elaboração de políticas públicas voltadas ao Meio Ambiente, Saúde e Planejamento Urbano, contribuindo significativamente para construção de cidades sustentáveis e mais saudáveis.

Referências

- AMATO-LOURENÇO et al., Metrópoles, cobertura vegetal, áreas verdes e saúde. **Estudos Avançados** 30(86)113-130, 2016.
- BROOKS,S.K.; WEBSTER, R.K; SMITH L.E; WOODLAND L., WESSELY,S.; GREENBERG, N. & RUBIN, G.J. The psychological impact of quarantine and how to reduce it: rapid review of the evidence. **The Lancet**, 395(10227), 912-920, 2020.
- BERDEJO-ESPINOLA, Violeta et al. Urban green space use during a time of stress: A case study during the COVID-19 pandemic in Brisbane, Australia. **People and Nature**, v. 3, n. 3, p. 597-609, 2021.
- DA SCHIO, Nicola et al. The impact of the COVID-19 pandemic on the use of and attitudes towards urban forests and green spaces: Exploring the instigators of change in Belgium. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 65, p. 127305, 2021.
- DADVAND, P. et al. Risks and benefits of green spaces for children: a cross-sectional study of associations with sedentary behavior, obesity, asthma, and allergy. **Environmental Health Perspectives**, v.122, p.1329-35, 2014.
- DERKS, Jakob; GIESSEN, Lukas; WINKEL, Georg. COVID-19-induced visitor boom reveals the importance of forests as critical infrastructure. **Forest Policy and Economics**, v. 118, p. 102253, 2020.
- DE LIMA, Giovanna Almeida et al. Percepção e uso de um ecossistema urbano: parque cidade Toronto, São Paulo, Brasil. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 8, n. 65, 2020.
- DORNELES, Fernanda Emanuela et al. Percepções da População de Chapecó (SC) Sobre Áreas Verdes Urbanas. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 8, n. 56, 2020.
- FERMINO, C. R.; HALLAL, P. C.; REIS, R. S. Frequência de Uso de Parques e Prática de Atividades Físicas em Adultos de Curitiba, Brasil. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 23, n. 4, p. 264-269, jul./ago. 2017.
- FILAZZOLA, Alessandro; SHRESTHA, Namrata; MACIVOR, J. Scott. The contribution of constructed green infrastructure to urban biodiversity: A synthesis and meta-analysis. **Journal of Applied Ecology**, v. 56, n. 9, p. 2131-2143, 2019.
- GOETHALS, Luc et al. Impact of home quarantine on physical activity among older adults living at home during the COVID-19 pandemic: qualitative interview study. **JMIR aging**, v. 3, n. 1, p. e19007, 2020.
- ISAIFAN, Rima J.; BALDAUF, Richard W. Estimating economic and environmental benefits of urban trees in desert regions. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 8, p. 16, 2020.
- KHOZAEI, Fatemeh et al. The impact of perceived risk and disease prevention efficiency on outdoor activities and avoidance behaviors in the urban parks during COVID 19 pandemic. **Journal of Facilities Management**, 2021.



- KRAJTER OSTOIĆ, Silvija et al. Qualitative exploration of perception and use of cultural ecosystem services from tree-based urban green space in the city of Zagreb (Croatia). **Forests**, v. 11, n. 8, p. 876, 2020.
- LARSON, Lincoln R. et al. Urban park use during the COVID-19 pandemic: Are socially vulnerable communities disproportionately impacted?. **Frontiers in Sustainable Cities**, p. 103, 2021.
- LIU, S. ; WANG, X. Reexamine the value of urban pocket parks under the impact of the COVID-19. **Urban Forestry & Urban Greening**, vol. 64, p. 72-81, 2021.
- LOPEZ, B. KENNEDY, C. FIELD, C. MCPHEARSON, T. Who benefits from urban green spaces during times of crisis? Perception and use of urban green spaces in New York City during the COVID-19 pandemic. **Urban Forestry & Urban Greening**, vol. 65, p. 45-75, 2021.
- NOWAK, D. J. et al. Tree and forest effects on air quality and human health in the United States. **Environmental Pollution**, v.193, p.119-29, 2014.
- OVIDO, Monika; DRESCHER, Michael; DEAN, Jennifer. Urban greenspace access, uses, and values: A case study of user perceptions in metropolitan ravine parks. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 70, p. 127522, 2022.
- PAIVA, Isabelle Maria Magalhães; DE ANDRADE, Luciano Pires; DA SILVA ANDRADE, Horasa Maria Lima. Percepção dos frequentadores dos parques urbanos de Garanhuns-PE durante a pandemia COVID-19. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 14, p. e266111436187-e266111436187, 2022.
- POORTINGA, W.; BIRD, N.; HALLINGBERG, B. ; PHILLIPS, R. ; WILLIAMS, D. The role of perceived public and private green space in subjective health and wellbeing during and after the first peak of the COVID-19 outbreak. **Landscape and Urban Planning**, vol. 211, p.238-249, 2021.
- UGOLINI, Francesca et al. Effects of the COVID-19 pandemic on the use and perceptions of urban green space: An international exploratory study. **Urban forestry & urban greening**, v. 56, p. 126888, 2020.
- VAN DER BERG, M. et al. Visiting green space is associated with mental health and vitality: A cross-sectional study in four European cities. **Health & Place**, v.38, p.8-15, 2016.
- VAN DEN BOSCH, Matilda; SANG, Å. Ode. Urban natural environments as nature-based solutions for improved public health—A systematic review of reviews. **Environmental research**, v. 158, p. 373-384, 2017.
- VENTER, Zander S. et al. Urban nature in a time of crisis: Recreational use of green space increases during the COVID-19 outbreak in Oslo, Norway. **Environmental research letters**, v. 15, n. 10, p. 104075, 2020.
- VILANI, Rodrigo Machado; PENA, Roberta Campelo; SIMÕES, Bruno Francisco Teixeira. Ecoturismo no Pós-COVID-19 no Parque Nacional da Tijuca e Parque Estadual da Pedra Branca. **Revista Brasileira de Ecoturismo (RBEcotur)**, v. 13, n. 4, 2020.
- WILDER-SMITH, A.; FREEDMAN, D. O. (2020). Isolation, quarantine, social distancing and community containment: pivotal role for old-style public health measures in the novel coronavirus (2019-nCoV) outbreak. **Journal of Travel Medicine**, 27(2).
- XIMENES, Deize Sbarai Sanches et al. A importância dos espaços públicos e áreas verdes pós-pandemia na cidade de São Paulo (SP). **Revista LABVERDE**, v. 10, n. 1, 2020.

10

EDUCAÇÃO AMBIENTAL: RELATOS DE EXPERIÊNCIAS CENTRO DE EXCELÊNCIA EM EDUCAÇÃO PADRE JOSIMO TAVARES EM BOM JESUS DAS SELVAS - MARANHÃO

ENVIRONMENTAL EDUCATION: EXPERIENCE REPORTS CENTER OF EXCELLENCE IN EDUCATION PADRE JOSIMO TAVARES IN BOM JESUS DAS SELVAS - MARANHÃO

Ednalda Santos¹

Tiãõ Rocha²

Maria da Luz Estácio de Sousa²

Daiara Mendes Veloso²

Weslei Carvalho Batista²

Helbert da Silva Rodrigues²

Ana Caroline Ferreira Castanheiras³

Paula de Lourdes Lauande Oliveira⁴

Maria Raimunda Chagas Silva⁵

Cristina Maria Douat Loyola⁶

1 Mestre em Gestão e Saúde, Universidade Ceuma, São Luís-MA

2 Docente, Centro Popular de Cultura e Desenvolvimento

3 Mestranda em Ciências da Educação, EDUFOR, São Luís-MA

4 Doutoranda em Biodiversidade e Biotecnologia, Universidade Ceuma, São Luís-MA

5 Doutora em Química Analítica, Universidade Ceuma, São Luís-MA

6 Doutora em Saúde Coletiva, Universidade Ceuma, São Luís-MA

Resumo

Este artigo tem como objetivo compartilhar o processo de construção do Centro de Excelência em Educação Padre Josimo Tavares, e a transformação ocorrida na vida dos participantes, estudantes de uma Casa Familiar Rural, Bom Jesus das Selvas (CFR/BJS), no Estado do Maranhão, Nordeste do Brasil. Apresentamos experiências combinadas por 03 anos consecutivos e em tempo integral pela equipe do Centro Popular de Cultura e Desenvolvimento / CPCD durante a implementação, e nos 02 anos consecutivos através de um monitoramento de práticas e ações desenvolvidas pelos estudantes suas propriedades. Tanto na fase de implementação como na fase de monitoramento do Projeto contamos com o envolvimento dos jovens alunos, e dos alunos egressos. A CFR Padre Josimo Tavares, mantida pela Associação Escola Familiar Agrícola, é formada pelos assentados dos Municípios de Buriticupu, Bom Jesus das Selvas e Bom Jardim, baseia-se na Pedagogia da Alternância - os alunos ficam 15 (quinze) dias na escola e 15 (quinze) dias em casa, praticando o que foi aprendido. Aqui percebemos como o conceito de Pedagogia da Alternância dialoga, diretamente, com a proposta do centro de excelência, o que se deu, progressivamente, reforçando as parcerias estratégicas - CFR, CPCD, e outros parceiros institucionais. Os jovens do CFR agora capacitados, são importantes agentes difusores das práticas educativas, integrais e solidárias, participando em 34 (trinta e quatro) comunidades rurais e nas cidades vizinhas onde residem O Centro de Excelência em Educação para o Jovem do Campo, gerou uma experiência de inovação e transformação social para desenvolvimento comunitário sustentável. Integrando o currículo/conteúdo à prática rural das famílias e comunidades.

Palavras-chave: Pedagogia da Alternância; Educação popular; Adolescentes; Educação rural; Educação do campo, Permacultura.

Abstract

This article aimed to share the construction process of the Padre Josimo Tavares Center of Excellence in Education, and the transformation that occurred in the lives of the participants, students of a Rural Family House, Bom Jesus das Selvas (CFR/BJS), in the State of Maranhão, Northeast Brazil. We present experiences accompanied for 03 consecutive years and full time by the team of the Popular Center for Culture and Development / CPCD during implementation, and in the 02 consecutive years through a monitoring of practices and actions developed by students their properties. Both in the implementation phase and in the monitoring phase of the Project, we count on the involvement of young students, and of graduates. The CFR Padre Josimo Tavares, maintained by the Agricultural Family School Association, is formed by the settlers of the municipalities of Buriticupu, Bom Jesus das Selvas and Bom Jardim, is based on the Pedagogy of Alternation - the students stay 15 (fifteen) days at school and 15 (fifteen) days at home, practicing what was learned. Here we see how the concept of Alternation Pedagogy dialogues directly with the proposal of the center of excellence, which has progressively reinforced strategic partnerships - CFR, CPCD, and other institutional partners. The CFR young people now trained are important agents of educational, integral and solidarity practices, working in 34 (thirty-four) rural communities and in the neighboring cities where they reside The Center of Excellence in Education for Rural Youth has generated an experience of innovation and social transformation for sustainable community development. Integrating the curriculum/content with the rural practice of families and communities.

Keywords: Pedagogy of Alternation; Popular education; Adolescents; Rural education; Countryside education, Permaculture.

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com o meio ambiente tornou-se um dos temas mais discutidos nas últimas décadas. A conservação ambiental, o respeito ao meio ambiente, e o desafio do desenvolvimento sustentável, deixou de ser uma problemática relacionada somente ao contexto ambiental, mas a todos os setores da sociedade, sejam eles econômico, político e/ou cultural. As iniciativas para a preservação do meio ambiente influenciaram na criação de documentos que indicam a Educação Ambiental (EA) como um processo educativo amplo e permanente, necessário à formação do cidadão (ASSIS, 2021),

O campo educacional é certamente cruzado por relações que conectam poder e cultura, pedagogia e política, memória e história (GUIMARÃES, 2000). De acordo com a Política Nacional de Educação Ambiental – Lei nº 9.795/1999, artigo 1º:

Entende-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade (BRASIL, 1999).

Os riscos e a desproteção são agravados por determinações socioeconômicas decorrentes da marginalização existente, especialmente quando saem dos territórios originários. Portanto, considera-se importante compreender como os alunos da CFR-BJS vivem, sonham e agem neste ambiente escolar e quando estão em outros espaços socioculturais, como o aprendizado e a vivência na escola impacta suas singularidades, de modo a divulgar esses costumes e cultura para outras regiões (LOYOLA *et al.*, 2021).

Assim ela se tornou a mais importante dimensão dentro do Plano de Trabalho e Avaliação / PTA (tecnologia desenvolvida pelo CPCD) elaborado para o Centro de excelência fazendo com que a filosofia da educação do campo, imbuída de valores ambientais, perpassasse todas as disciplinas do currículo, uma estrutura integrada e coerente para desenvolver os dois programas do CPCD – “Meu lugar é aqui” e “Cuidando dos tataranetos”. Programas, currículos educacionais, ensino e aprendizado aliados como prática de um mundo mais justo, sustentável e pacífico. Essa abordagem integrada e integradora enfatiza os diferentes desafios enfrentados pela CFR, fazendo conexões com as outras dimensões e disciplinas para a autonomia hídrica, alimentícia e a sustentabilidade econômica. A convergência da pedagogia da alternância e a plataforma de desenvolvimento sustentável proposta pelo CPCD alavancou uma possibilidade poderosa de reverberação e disseminação dos princípios e práticas do PTA, uma vez que a escola atendia muitos jovens e recebia grandes demandas das diversas comunidades rurais que compõem os municípios atendidos, num formato propício a ser replicado em toda escola do campo – CFRs, EFAs (LOYOLA *et al.*, 2021).

É um processo de reconhecimento de valores e clarificações de conceitos, objetivando o desenvolvimento das habilidades e modificando as atitudes em relação ao meio, para entender e apreciar as inter-relações entre os seres humanos, suas culturas e seus meios biofísicos. Ela relaciona-se com a prática das tomadas de decisões, pois à medida que essas decisões convergem para a melhoria da qualidade de vida das pessoas, entende-a como um caminho de transformação da sociedade, viabilizando um ambiente sustentável e saudável (JEOVÂNIO-SILVA; JEOVÂNIO-SILVA; CARDOSO, 2018).



Este artigo objetivou compartilhar o processo de construção do Centro de Excelência em Educação Padre Josimo Tavares, e a transformação ocorrida na vida dos participantes, estudantes de uma Casa Familiar Rural, Bom Jesus das Selvas (CFR/BJS), no Estado do Maranhão, Nordeste do Brasil.

1.1 As ocupações rurais pelo movimento dos moradores de Buriticupu

No ano de 1983 chegava ao fim do Projeto Pioneiro de Colonização, e era bastante perceptível que o mesmo não havia atingido a sua meta. O Governador Luís Rocha encerrava também o seu mandato de chefe do executivo estadual maranhense. Esse Governador não deu a devida assistência ao projeto e assim, o mesmo era dado por concluído (AGUIAR 2005).

O projeto não chegou a concretizar seus objetivos e, ao final de 10 anos, somente 1035 famílias haviam sido assentadas (quando o previsto era 10 mil), em uma área onde um dos grandes problemas era a falta de água. Apenas 300 posseiros tiveram suas ocupações regularizadas (ARAÚJO, 1996: 42).

Um lavrador que depois se tornou Deputado estadual chamado Luís Soares Filho – conhecido por Vila Nova – resolveu encarar o problema agrário no Maranhão, começando em Buriticupu, com um plano de ocupação das terras através do MST, e isso culminou com a desapropriação de mais de 32 fazendas. Dentre estas, algumas localizadas às margens do Rio Buriticupu.

Após a conquista da terra a população de Buriticupu cresceu bastante, ampliando o desenvolvimento expansivo da economia, principalmente através da agricultura. Provocando ainda mais o desmatamento. Mas a produção era escoada para outros municípios, e o dinheiro arrecadado com impostos era destinado à Santa Luzia-MA. Os moradores de Buriticupu já insatisfeitos com a posição de Distrito, uma vez que poderia se manter sozinho, começaram a lutar pela emancipação.

Nesse sentido, a escola tem um papel fundamental, não apenas para escolaridade, espaço de lazer e convivência, mas para a construção de identidades e projeções para o futuro, que podem ir além do trabalho rural, a partir da perspectiva, sonho e desejo dos jovens dessas comunidades (PIZZINATO *et al.*, 2017).

2. METODOLOGIA

A pesquisa teve o enfoque qualitativo, com a abordagem da pesquisa-ação abrangendo alunos, equipe da CFR e pesquisadores. Foram realizadas entrevistas semiestruturadas com 30 estudantes na faixa etária entre 16 a 22 anos, sendo 19 homens e 11 mulheres. A maior parte estava cursando o terceiro ano do ensino médio. O estudo foi avaliar percepções e opiniões de adolescentes a respeito de como vivem, sentem e pensam.

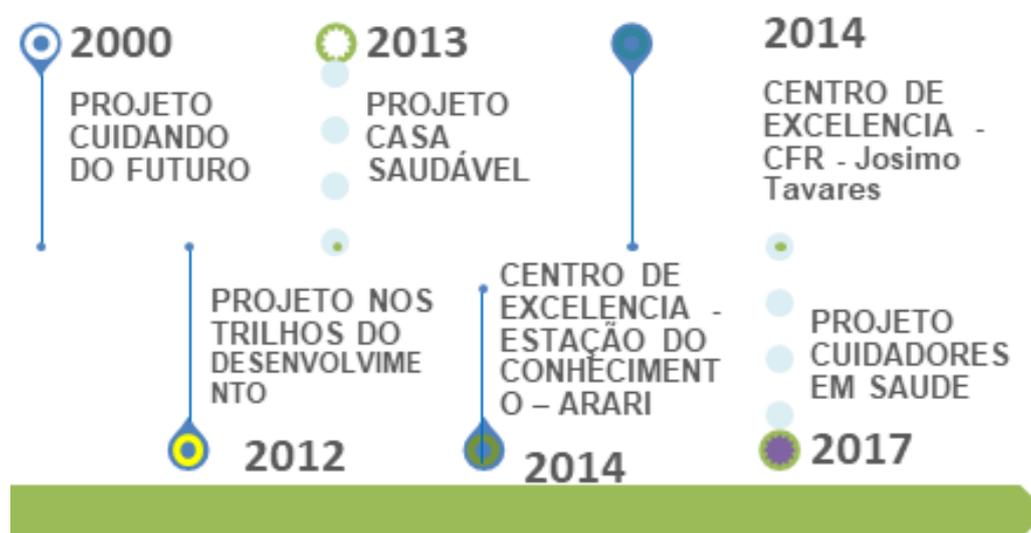
3. O PAPEL DO EDUCADOR É A APRENDIZAGEM

Essa propriedade educativa, no princípio de educar tudo e a todos, tem como proposição básica a transmissão universal do conhecimento do simples para, depois, chegar ao complexo, e isso acaba por se constituir na fórmula educativa que, por vários anos, se esta-

beleceu como paradigma da formação escolar, anunciada como a metodologia de ensino.

Foi criada uma Plataforma de desenvolvimento possui “engrenagens” que conectam pessoas luminosas e lugares estratégicos dando movimento e dinâmica, trazendo-os para e em direção à causa, todas as boas e significativas aprendizagens e contribuições. São centenas de “pequenos nadas” que geram transformações efetivas, partindo do local para o global, como mostra o diagrama na Figura 1. Os novos paradigmas de sustentabilidade e da busca de Excelência. Em 2012, o CPCD – Centro Popular de Cultura e Desenvolvimento acumulou uma experiência e aprendizado sistematizado pelo Projeto Cuidando do futuro que tratava, realizado em parceria com a secretaria de saúde do estado no Maranhão (RO-DRUIGUES, 2021).

Figura 1. Plataforma de projeto de desenvolvimento sustentável: Na cidade de Buriticupu e Bom Jesus das selvas



Fonte: Autores (2021).

Posteriormente iniciou o projeto “Nos Trilhos do Desenvolvimento”, em 6 cidades do interior do Maranhão, situadas à beira da estrada de Ferro São Luís – Carajás que acrescentava àquela experiência anterior uma prática de controle ambiental acrescentada às tecnologias em saúde desenvolvidas.

O convite, feito pela Fundação Vale, apontava para o desenvolvimento desses territórios, a partir da temática da saúde inspirada pelo sucesso do projeto “Cuidando do Futuro”.

“A proposta do “Nos Trilhos” adotou a construção de plataformas para convergência de tecnologias sociais e desenvolvimento sustentável- reunindo atores sociais variados, dos diversos setores da sociedade, com conhecimentos e experiências diferenciados para atuar – não em forma de rede, mas em uma plataforma em torno de uma causa, convergindo suas *expertises*, seus saberes-fazeres-e-quereres com tecnologias sociais comprovadamente eficazes - de gestão de projetos, planejamento e avaliação, indicadores de qualidade, monitoramento de processos, e resultados visando à construção de “Comunidades Saudáveis” - lugares, territórios e pessoas que vivam dentro de dois (2) programas articuladores:

“*Meu lugar é aqui*”, isto é, comunidades onde o bem-estar dos moradores lhes permita viver bem, o agora, o presente-do-presente, em condições saudáveis e de maneira harmônica com o ambiente e com as pessoas à sua volta. Nestas

comunidades o êxodo é próximo de zero, porque há qualidade de vida para todos, do nascimento à velhice, sem exclusão.

“*Cuidando dos Tataranetos*”, isto é, comunidades que deixem como legado para as futuras gerações (e que, infelizmente, não iremos conhecer, os nossos tataranetos) um mundo melhor, mais limpo, mais justo e mais saudável para todos e para sempre.” (extraído do site www.cpcd.org.br).

Não prevíamos quantos frutos obteríamos a partir da plataforma de desenvolvimento promovida pelo Projeto Trilhos. O encontro entre o CPCD e a CFR se deu exatamente durante o processo de identificação dos Pontos Luminosos encontrados na comunidade para constituir a plataforma de desenvolvimento local Bom Jesus das Selvas/ Buriticupu.

A aproximação foi por termos identificado ali, um lugar estratégico para a mobilização das comunidades. Fica fácil entender a importância e o potencial de reverberação dessa escola quando paramos para pensar que a escola atende jovens e famílias de 34 comunidades do seu entorno, moradores de 03 municípios somando um público indireto de 60.000 habitantes.

A inclusão da CFR entre os parceiros estratégicos da Plataforma em Buriticupu, Bom jardim e Bom Jesus das Selvas e em todas as cidades da região, apresentou uma possibilidade poderosa de alavancagem e disseminação dos princípios e práticas ligadas ao empoderamento comunitário, compromisso ambiental, satisfação econômica, entre outros.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A função da escola é se tornar um espaço digno, justo, capaz de transformar seu entorno, permitindo uma tomada de consciência e um posicionamento do lugar que se ocupa num cenário de respeito à natureza com garantia de sustentabilidade e da vida no planeta.

E após a experiência exitosa da implementação do Plano de Trabalho e Avaliação / PTA, o que mudou? Quais os novos paradigmas estabelecidos?

Segundo Gadotti (2000), afirma que seja qual for a perspectiva que a educação contemporânea tomar, uma educação voltada para o futuro será sempre uma educação contestadora, superadora dos limites impostos pelo Estado e pelo mercado, portanto, uma educação muito mais voltada para a transformação social do que para a transmissão cultural.

A partir da experiência da Casa Familiar Rural do MA (desde 2013), aprendemos que uma das estratégias mais potentes para desenvolvimento do campo é a potencialização do papel e das funções das Escolas Família Agrícola (EFAs) e Casas Familiares Rurais (CFRs), responsáveis pela formação ética e técnica de jovens habitantes do campo, porque se caracterizam por quatro pilares:

(1) **Associação comunitária:** presença de uma associação local e comunitária responsável por diversos aspectos: jurídicos, administrativos e financeiros, assegurando autonomia filosófica, gerencial e operacional. Existe uma presença efetiva das famílias, como instância deliberativa;

(2) **Pedagogia da Alternância:** metodologia integrativa ao alternar momentos no ambiente escolar e no ambiente familiar comunitário;

(3) **Formação Integral:** busca descobrir, valorizar e desenvolver as capacidades de cada jovem, ajudando-o a construir o seu projeto de vida e profissional;

(4) **Desenvolvimento Local:** busca contribuir para o desenvolvimento local, tendo como foco a agricultura familiar, a produção orgânica e a inserção profissional e empreendedora dos jovens no meio rural (ARANHA, 2006).

4.1 Vínculos Construídos pelas Casas famílias rurais

A convivência em sistema de internato propicia uma integração entre monitores e alunos, gerando vínculos e laços de confiança e de amizade. A participação em grupo nas atividades de limpeza e nas refeições colabora para a organização, além de produzir inspiração e admiração entre todos. Os professores e monitores, tem papel importante como incentivadores e inspiradores.

A execução do PTA corroborou o sentido pertinente a essa convivência, da mesma forma que, nas comunidades, os adultos garantiam a sustentação e apoio para a execução de projetos técnicos, ampliando o alcance das ações e relações construídas entre escola-família na perspectiva pedagógica de alternância.

Foi importante a participação das famílias nas atividades no espaço escolar, práticas comunitárias e reflexões temáticas na perspectiva de formar um time para o trabalho a ser realizado. Por outro lado, a presença dos monitores nas visitas às moradias também auxiliava os jovens na execução de projetos, reformulando planejamentos e práticas no manejo da permacultura e aumentando as trocas de conhecimento em um processo de constituição de confiança entre todos os atores. Ao saírem da CFR-BJS, os alunos aplicavam o que aprendiam com a família e a comunidade, mas também aproveitavam para rever amigos, praticar a fé religiosa, entre outras atividades de lazer, tomar banho em rios e participar de noites culturais.

Logo perceberam que eram bastante requisitados para cuidar de plantações de vizinhos e amigos, demonstrando a aplicabilidade de seu aprendizado, isso por causa da repercussão da transformação do espaço – as bioconstruções, por exemplo, se tornaram pontos turísticos, muitos pais aproveitavam a troca de alternância para visitar e levar os parentes e amigos para conhecerem o banheiro seco, a cisterna de coleta de água de chuva, o açude, a casa de sementes, a horta em mandala entre outros.

Às vezes, tem vezes que eu chego aqui já mãe já fala “ó, veio alguém te procurar aqui pra te [...] ir olhar uma horta dela, um canteiro, uma coisa, um porco que passa mal, uma galinha que tá lá doente” [...]. Eu gosto muito de mexer assim [...] alguns saem de lá e vai pra cidade, né? Aí fica lá se divertindo, tudo e tal. Não, eu gosto de sair de lá e vim pra cá, que eu gosto de mexer com o que envolve assim o meio rural.” (EM14 anos- aluno da CFR Buriticupu – Ma)

“Porque estou contribuindo nas ações socialmente, estou passando os meus conhecimentos para as outras pessoas, não presa aqui na escola... como a gente vai nas comunidades, participa de várias atividades sociais junto com as pessoas, então hoje eu me considero uma educadora social”. (J S 15 anos - aluna da CFR Buriticupu - MA).

4.1.1 Um marco histórico para o CPCD e para a Escola

A percepção das transformações nos move, e não se restringe apenas aos estudantes envolvidos, mas a todos: instituições, comunidade, parceiros e, acreditamos que gera no-



vos paradigmas, corrobora para um novo consciente coletivo. O que nos mobilizou foi este desejo, de ser agentes dessa “compaixão”, construir pontes, relacionamentos saudáveis, vínculos fraternais, que promovam sensibilização e compreensão profunda da realidade e do contexto dos envolvidos. A partir dessa compreensão, foi possível criar oportunidades de transformação efetivas. Não somente oferecer formação técnica eficiente, mas um relacionamento saudável, aprendizado e futuro. Na Figura 2, os jovens da escola com nova percepção aprendendo a sonhar.



Figura 2. Os jovens da escola com nova percepção aprendendo a sonhar. Fonte: Autores, (2021).

Acreditamos que esta vivência foi transformadora pois nela buscamos intencionalmente restaurar e fortalecer a dignidade, os valores humanos, a esperança e os sonhos de uma escola e por consequência atingimos uma parte significativa das comunidades. Muito provavelmente os princípios norteadores trabalhados, serão um alicerce e uma força para superar os diversos obstáculos e desafios, que pareciam intransponíveis.

Foi assim que a maioria dos jovens seguiu aprendendo a sonhar dentro da CFR-BJS e aprendendo a viver fora da CFR e foi possível concluir que a metodologia de educação popular para cidadania desenvolvida pela ONG, associada à pesquisa-ação, CPCD, impactou de forma positiva os sonhos e as práticas dos alunos; Porém, para que hoje exista perspectiva de futuro, muitas e muitas transformações aconteceram dentro e fora de cada indivíduo que passou pela experiência de escrever um centro de excelência. Apresentaremos a seguir algumas experiências de vida registradas a partir do cotidiano na CFR.

4.2 Caso 1. OS RELATOS: CFR e a questão de gênero - Uma menina dita as novas regras

Conforme já dissemos aqui estamos em Buriticupu e também em Bom Jesus das Selvas, Bom Jardim e Alto Alegre do Pindaré, sendo estas cidades fronteiriças, cujas zonas rurais se misturam num emaranhado de estradas quase inacessíveis, e onde o modelo produtivo predominante no campo, “o convencional” é comum a muitas outras cidades e muitas comunidades de trabalhadores rurais.

Esse modelo também é responsável pela geração de inúmeras ações de destruição ambiental e no que diz respeito à sobrevivência do trabalhador rural, tem inviabilizado a vida no campo, pois degrada a terra e aos poucos o homem do campo vai sentindo cada vez mais dificuldade em retirar seu alimento e sobrevivência do seu “pedaço de chão.”. Este tem sido um dos fatores que leva ao abandono do campo e ao êxodo rural em busca da sobrevivência nas periferias das grandes cidades.

Fica claro que uma das grandes frustrações dos jovens é não conseguir permanecer em suas terras e delas viver trabalhando e produzindo. O êxodo urbano não é um sonho, não é planejado, mas tem sido uma fatalidade.

Não bastasse esse grande desafio, também temos outros conflitos relacionados ao empoderamento feminino e ao protagonismo. Este desafio foi trabalhado no dia a dia da escola, e cada indicador de mudança e avanço é um grande passo, não apenas pessoal, mas para toda uma sociedade. Porque apesar da luta camponesa trazer no seu cerne a voz e a força da mulher, a questão de gênero pesa muito no campo.

Desde o princípio da escrita do PTA houve preocupação com a equidade e com discriminar de forma propositiva as “meninas” no Centro de Excelência e, à medida em que percebíamos o protagonismo de cada uma delas, sentimos que a escola tornar-se-ia uma fortaleza, e essa resposta é um macro indicador de êxito da proposta. Investir na potencialidade (IPDH) destes jovens, mobilizadores de suas famílias e comunidades, enfrentadores de todo desafio, em especial com as meninas/moças, a fim de que elas se destacassem cada vez mais.

Dito isto, vale esclarecer que o caso experimento vivenciado pela Daiara (ex-aluna da CFR) e sua família é uma experiência de gestão e implementação bem-sucedida, e de mudanças importantes na propriedade rural. Medidas mitigatórias das consequências sofridas pela retirada da cobertura vegetal e das práticas que acabaram com a água e as drenagens naturais. Com o solo exposto, primeiramente aconteceu a redução da área de infiltração no solo e secundariamente, produzindo um novo padrão de escoamento das drenagens provocando erosão e empobrecimento.

Antes de implementar as mudanças necessárias, o desafio enfrentado por Daiara foi o convencimento do pai e dos irmãos de que ela, a caçula/mulher da casa, tinha ideias e soluções. Em resumo, ela conseguiu convencer seu pai a fazer mudanças radicais na propriedade, a começar por parar de cortar árvores, e inclusive reflorestar uma área inteira, para restaurar a área de recarga e uma lagoa.

A escola não só inspirou como trabalhou junto, plantando cerca de 1000 árvores no local.

Outras medidas foram, a redução de cabeças de gado e a substituição de culturas, mudanças no manejo da água e dos animais, entre outras.

Uma observação relevante é destacar que cada jovem enfrentou esse desafio de convencimento dos pais e moradores antigos, estes adaptados a uma realidade de cultura e cultivo errôneos, como o desmatamento desenfreado, o uso do fogo e de veneno agrícola. Mas vale ressaltar que esses mesmos jovens, em sua grande maioria, conseguiram transformar suas casas em escolas abertas, Campus avançados da CFR, local de experimento e experiências.

No caso da Daiara, ela se apropriou da metodologia de forma a experimentar e replicar, pois ela fez parte de um grupo de 06 jovens que também se tornaram educadores em outros Projetos do CPCD. Eles atuaram no projeto Casa Saudável, e também implementaram um Projeto de Biblioteca itinerante da escola para as comunidades dos alunos da



escola.

“Me chamo Daiara Mendes – sou filha de camponeses, Assentados em Buriticupu – na vila Campesina Santa Isabel. Como filha de agricultores eu tive a honra de estudar na CFR e tenho muito orgulho do que me tornei hoje. Garanto que só foi possível pela experiência de aprendizado tanto com a agricultura, agroecologia, as novas tecnologias e também, pela formação humana que recebi na CFR – Padre Josimo Tavares.

Dentre os marcos que vivenciei destaco a importância de me enxergar e orgulhar de me colocar diante do mundo enquanto camponesa e, saber a importância do meu papel, do Eu, do meu potencial no campo.

As experiências vivenciadas junto ao CPCD me fizeram encantar pelo trabalho com a permacultura e agroecologia, isso que trago até hoje comigo e uso no meu trabalho. Foi muito importante falar sobre política, conhecer, conviver e entender tão profundamente tantas pessoas que lutaram pela educação de filhos e filhas de produtores rurais, até me tornar uma delas com muito orgulho, saber sobre os movimentos sociais ser uma pessoa que luta pela questão ambiental e pela educação a ser ofertada aos filhos de agricultores.

Em 2016 tive oportunidade de atuar com a Biblioteca itinerante. Foi uma experiência incrível de conhecer a realidade dos meus colegas e a gente, viu a importância da CFR para as famílias. Foi uma visão diferente pois saímos como alunos e aos poucos fomos nos tornando monitores, profissionais, educadores – Ao olhar vi a importância da Casa Familiar Rural na região e hoje temos engenheiros, técnicos, todos seguiram suas carreiras, tem profissão graças à experiência, que no meu caso foi fundamental para eu entender o programa que trabalhava com os jovens e as crianças, “Meu lugar é aqui”.

A escola que fez eu me enxergar, ver o meu papel na construção de um lugar melhor para as gerações futuras, mas principalmente para mim e minha famílias.

“Eu sou professora a minha missão é ensinar na escola, construir histórias com os jovens que passam pela casa e, também sou camponesa, cultivo a terra com meus pais.”

“Eu uso com meus alunos essa minha vivência, e busco práticas que os façam compreender a importância da gente se reconhecer como camponeses eu sou a Camponesa/professora, a professora camponesa e inspirei na minha mestra Maria Da Luz, professora e lutadora camponesa, uma liderança sem tamanho; a minha Mestra inspiradora – pessoa que faz brilhar o orgulho de ser camponesa e sigo por ela minha missão. Atuando hoje na EFA- (Escola Família Agrícola) Rio Peixe – localizada em Balsas no Maranhão aprendo sobre uma outra realidade, mas percebo muitas semelhanças com a CFR de Buriticupu;

Me orgulho de meus alunos, aqui temos jovens que viajam 200km e vem à procura da escola que forma cidadãos de bem, debatem política, querem empreender na propriedade do seu pai, querem viver de seu chão.

Logo que terminei o curso na CFR, fiz a universidade – Ciências Agrárias o apoio e incentivo da escola foi por não querer que os filhos de agricultores ficassem parados. Se não fosse a oportunidade lá em 2014 eu não seria essa pessoa que sou.”

Toda minha vivencia na casa e nos projetos do CPCD e parcerias que vivi: a casa saudável, a biblioteca itinerante, em 30 unidades, nas comunidades onde ficavam as moradias dos alunos, pude ver e viver o contexto histórico levávamos leituras, oficinas, mediação, livros para as comunidades e de volta para a

escola trazíamos as histórias dos avós, dos pais, as músicas, os saberes e isso me fez ser o profissional que sou hoje essas experiências me agregaram muito, trouxemos vida, fizemos diferença nas comunidades. - E eu parei aí? - Não!!!! Eu continuo usando tudo isso e, quando volto às comunidades vejo os frutos do meu trabalho e eu sou o exemplo vivo disso, sou uma árvore que deu frutos de lá para cá sigo os fundamentos, o aprendizado do Centro de Excelência. Em 2019 implantei uma biblioteca itinerante no município de Alto Alegre do Maranhão e vi os jovens e professores se envolvendo e reforçou a importância do meu trabalho. - E eu parei aí? - Não!! desde 2021 fui convidada para lecionar em uma CASA – aqui é EFA, mas os fundamentos são os mesmos eu lido trabalho com permacultura, agroecologia, a Excelência do que esse jovem é, do que nós somos e a contribuição deles no campo. Então eu estou aqui para fortalecer este jovem e não sinto vontade de parar. Daiara Mendes – 22 anos.



Figura 3. Horta mandala – EFA – Rio dos Peixes. Fonte: Autores (2021).

4.3 Caso 2. Não basta plantar árvores é preciso proteger uma floresta

Essa é a história de um jovem com nome de árvore – Wesley Carvalho ou simplesmente Carvalho como é conhecido, apesar desde cedo ouvir sobre o sonho da família de ter sua própria terra, criar gado, fazer carvão sobreviver de monocultura.

Mas a ideia que se formou na sua cabeça era oposta a isso. Não foi pelo exemplo de casa que ele aprendeu a observar pássaros e árvores, e cuidar de orquídeas selvagens e a criar apaixonadamente abelhas; mas é fato que conseguiu romper barreiras e lutas desesperadas, foi pela voz e pelo exemplo que arrebatou sua família e se tornou referência em sua escola, comunidade, cidade.

Na propriedade da família, no interior de Buriticupu, ele recebe as visitas com todo esmero, ali onde ele e seus irmãos seus pais vivem da terra num árduo trabalho para fazer chegar comida até a mesa, desde abrir a floresta, plantar na terra, até colheita e transformação da mandioca em farinha, em tapioca.

Mas em uma terça-feira no começo de 2016, a Casa de Farinha não processou mandioca. Em vez disso, esteve aberta para receber gente de fora, pessoas interessadas em conhecer um processo inovador que está se passando na propriedade, a “Floresta preservada” do Carvalho.

Ele convenceu seus pais a deixarem um terço da propriedade para a conservação de florestas, e principalmente investiram na recuperação de parte já degradada pela criação de gado. Nosso guia oferece duas abordagens diferentes para entender o contexto de uma paisagem social. Uma delas é o “passeio guiado pela sua floresta” ali ele mostra cada detalhe, cada coisa que ele protegeu, cada coisa que aprendeu, é tanto assunto, tanto detalhe, informação. Essa metodologia possibilita planejar a melhor forma de dialogar com a comunidade, os vizinhos e também as turmas da CFR que visitam periodicamente o espaço, é uma verdadeira aula de ciências, química, física, meio ambiente, sabedoria e encantamento.

A outra abordagem é a implementação de algumas tecnologias que ele aprendeu em Arari quando aluno da CFR, e a preferida dele é a criação de abelhas melíponas. Atualmente tem 11 espécies vivendo livremente pela floresta, e cujo mel produzido ajuda na renda familiar.

Logo que sua família foi assentada no projeto de assentamento da vila “Água Amarela”, ele viu com preocupação a forma como a expansão dos pastos destruía a fauna e flora locais, e como a falta de árvores afetava os recursos hídricos. Por outro lado se encantou com o pedaço de chão que seus pais receberam, um encontro de rios, floresta centenária no meio da Amazônia legal, fazendo fronteira com uma APP- Área de Preservação Permanente, um lugar privilegiado. Uma decisão tomada pela sua família foi fundamental na construção da sua experiência: Geralmente todas as famílias de assentados preferem viver em vilas agrícolas, onde o coletivo promove mais rapidamente melhorias para os lavradores, no entanto sua família decidiu e morar na propriedade; assim ele pôde investir em seus projetos pessoais – a preservação e recuperação da floresta.

“Quando chegamos, os agricultores cortavam as árvores para criar pastagens e pelo carvão. A água secou e nunca voltou”, explica. “Pensei comigo: ‘a água é o bem mais valioso, ninguém fabrica água o que vai acontecer?’

Ficaremos sem água. na CFR aprendemos como conservar a água e isso ficou na minha cabeça a fábrica de água é a floresta, então vou cuidar da floresta.” Wesley Carvalho

Foi na escola que aprendeu mais sobre isso e pediu ao pai pela conservação da natureza, o pai achava aquilo loucura, mas resolveu confiar no filho e deixar um pedaço para que ele tomasse “de conta”.

4.4 Caso 3. Espalhando Florestas que alimentam

Após 3 anos de intensa atuação Casa Familiar Rural / CFR o CPCD implementou o PTA, e atingiu parte de sua meta, abrindo caminho para as próximas intervenções. A partir das discussões e oficinas de formação para a execução do PTA do Centro de Excelência em Educação no Campo, reencontramos a comunidade com o compromisso de conciliar a vida no campo com geração de renda, recuperação e conservação ambiental a partir da produção agroecológica, que se iniciou logo no ano 02- dois e vem confirmando o caminho a seguir para promover a segurança alimentar e a vida das florestas tropicais

A Casa Familiar Rural Padre Josimo Tavares – CFR, está implantada em uma área da Amazônia legal que também é localização das moradias de todos os seus alunos. Uma região castigada pela exploração da madeira e também pela monocultura de grãos, e que vem ganhando espaço.

4.4.1 Kit agroecológico

Recuperar a floresta, produzir alimentos de forma sustentada e promover mais oportunidades de viver nas comunidades rurais da pré Amazônia. São objetivos contidos no PTA. A CFR está se tornando um centro irradiador destas boas práticas que acompanham os alunos para suas casas nas comunidades de origem. Estimular e garantir aos alunos implantarem os SAFS – Sistemas Agroflorestais que futuramente podem virar corredores agroecológicos, é um desafio e simultaneamente uma bela oportunidade de os jovens permanecerem no campo.

No ano de 2007, 46 famílias constituíram o Assentamento Santa Isabel. Dez anos depois e muitas árvores devastadas, constatou-se a água poluída e um risco eminente de êxodo total por dificuldade de sobrevivência. Mesmo assim existem ainda os que teimam e ousam permanecer no campo. Dentro desta população destacam-se os jovens, sabedores do que lhes espera da vida nas bordas dos centros urbanos. Eles desejam ficar no campo, trabalhar, produzir e viver com dignidade. Só não sabiam como fazê-lo.

Encontramos aqui 36 famílias, 04 alunos da CFR dispostos a mudar o trato com a terra e a implementar, juntamente a suas famílias, a ideia de retirar alimentos de uma floresta.

Dessas 36 famílias, 12 concordaram em inserir no dia a dia do trato com a terra, alguns cuidados com a natureza. Iniciamos por cercar 05 nascentes e replantar 600 mudas de açai. Além das nascentes replantamos cerca de 300 frutíferas e nativas nas propriedades dos alunos da escola. E no final de 2017 retomamos o plantio, e o que encontramos foram as árvores dos anos anteriores já com porte avançado, e áreas de deslizamentos constantes já em equilíbrio e em processo de diminuição da erosão.

Solo protegido é solo fértil, é solo vivo, precisa muita matéria orgânica e com diversas espécies vegetais, insetos e microrganismos. Quanto mais matéria orgânica, mais vida tem o solo, melhor nutrida a planta, mais se desenvolve. O agricultor precisa conhecer e valorizar os sinais da natureza. Ele deve saber que quando aparecem muitos insetos, ou determinado tipo de erva nativa, é pelo desequilíbrio ou pela carência. Corrigir o desequilíbrio, não é matar os insetos ou eliminar a erva, e as práticas de manejo utilizadas devem ser em benefício da natureza e não contra ela. A terra se cobre daquilo que é melhor para ela: se tem samambaia é porque o solo é ácido; guanxuma é porque o solo está compactado e tudo significa algo, portanto há que se conhecer estes e outros sinais da natureza.

Um sistema agroflorestal é uma forma de produzirmos alimentos ao mesmo tempo em que conservamos ou recuperamos a natureza. Isso é possível porque nessa forma de produção, ao invés de retirarmos toda a vegetação original e plantarmos apenas uma cultura em uma larga extensão de terra, procuramos entender o funcionamento da natureza e imitá-la, utilizando as relações entre os seres vivos a nosso favor, e estimulando a biodiversidade. Infelizmente, como a maioria das árvores já foram cortadas, precisamos replantar e começamos timidamente, ao final do ano, no caso 2016, aproveitando a estação de chuvas. Introduzimos árvores em 2 comunidades além do espaço da Escola – CFR, e essas árvores cresceram e aprendemos muito com essa experiência.

No final de 2017 ampliamos o número de comunidades plantadas para 7 (mais o espaço da escola). Além dessas comunidades citadas, cujas famílias se comprometeram a recuperar áreas de manancial e replantar florestas com a ajuda da escola, todas as famílias dos jovens receberam um Kit agroflorestal, contendo 16 tipos de árvores para iniciarem seus sistemas agroflorestais.

Um pretexto para iniciar a preservação ecológica, mostrando alternativa para produzir alimento sem destruir a natureza e também para recuperar espaços degradados. A



título de curiosidade, algumas espécies pioneiras são importantes, para iniciar a cobertura do solo por sombra, depósito de matéria orgânica, fixação de nutrientes, redução da velocidade da água (reduzindo o escoamento superficial), aumento da infiltração e armazenamento de água, entre outros, inclusive, servindo de poleiros, para os pássaros que são plantadores como nós.

Hortaliças, fibras, madeira, quebra ventos, cerca viva, frutos, grãos, flores, condimentos, paisagismo, polinizadores e dispersores, tipo de solo, disponibilidade hídrica, dormência de sementes, são práticas que junto com o tempo e o acesso a conhecimentos técnicos, permitirão ao homem do campo sobreviver com qualidade de vida e ainda cuidar do planeta para que as futuras gerações também sobrevivam.

Ao uso do Kit agroflorestal? Como convencer o lavrador tradicional, os avós, pais, toda uma geração que lidou com a terra pensando ser de forma correta

A partir de modelos bem-sucedidos para o convencimento, algo que levasse à adesão comprometida. Aprendemos que uma floresta de alimentos pode começar em 20 m², com apenas 16 tipos de árvores pioneiras e atrativas da biodiversidade, um kit que é uma espécie de “combo” de 16 variedades de árvores.

Esse kit foi distribuído para as famílias, com a sugestão de serem plantadas em área reservada na propriedade, em sistemas de fileiras determinadas por porte, de forma que pudessem sobreviver em equilíbrio. Os kits foram preparados na escola e os jovens distribuíram e orientaram quanto ao plantio e ao manejo nas comunidades como mostra a **Figura 4.**



Figura 4. jovens distribuíram e orientaram e entrega do Kit agroflorestais. Fonte: Autores, (2021).

Ao final de 4 anos, essas 16 variedades já terão se transformado em 43, num processo natural de multiplicação, que envolve a natureza, vento, solo, insetos, a chuva e sua distribuição, animais e o próprio homem, através de tratos e podas.

E é dentro do contexto das escolas rurais que adotam a Pedagogia da Alternância como estratégia de estudar-e-trabalhar, que é possível implementar essa prática, interagindo casa-escola-casa. As EFA's e CFR's são os melhores exemplos de como o saber escolar, pode ser aplicado e acompanhado em tempo real pelos alunos e pelas famílias.

“Só a existência de futuros - palpáveis e possíveis – a serem construídos - pode desafiar esta lógica. E, portanto, foi, a partir do acúmulo de aprendizagens ao longo de 34 anos, que o CPCD propôs esta ousadia: transformar “miserável em pobre”, transformar “escola ruim em escola excelente”, tirar comunidades do “autodesprezo para a auto estima”. Rocha, Tião (2014 -www.cpcd.org.br)

Sistemas Agroflorestais possuem diversidade e potencial para resgate e conservação

da biodiversidade, aproximação da sustentabilidade e similaridade com os ecossistemas naturais.

Difícil imaginar, mas essa variedade permite maximizar os benefícios dos conjuntos de interdependência ecológica e flexibilizar os sistemas de acordo com o local, com as características ambientais e com as necessidades, os objetivos e as restrições e problemas dos produtores em sua propriedade para a localização do SAF (sistema agroflorestal) em relação aos habitats naturais remanescentes e o manejo do sistema.

É uma dimensão ecológica e/ou ambiental, que pode ser agregada com uma perspectiva de sustentabilidade, mas para isso deve-se manter os processos ecológicos essenciais e os sistemas de suporte à vida, de forma que o atendimento das necessidades humanas atuais não comprometa o atendimento das necessidades das gerações futuras.

O mais importante para a manutenção é o monitoramento. Assim, também utilizando as ações práticas consideradas “sustentáveis”: coleta de sementes e propágulos, podas, uso de insumos, retirada de produtos sem agredir, biofertilizantes e defensivos apenas naturais. Para que isso aconteça, a formação do jovem e do pequeno produtor deve ser uma constante, para lembrarmos sempre do foco e auxiliar de forma que os desafios e dificuldades não comprometam a adesão das famílias.

Em algumas propriedades onde encontramos vegetação remanescente, em condições de sobrevivência e evolução autônomas, o esforço foi de convencimento para se intervir o mínimo possível e buscar, em outras áreas, a sustentável interação humana com a natureza, por meio de SAFs ou outras práticas. Mas nas propriedades com o ambiente muito alterado e degradado, os SAFs devem ser promovidos a fim de restaurar ecossistemas. Sabemos que a possibilidade de obtenção de renda estimula o interesse pela promoção da recuperação, e buscamos então esclarecer e mostrar que a necessária interação humana para condução do sistema pode resultar em resultados e renda mais rápida.

Parece ser um modelo eficaz para o campo, capaz de promover permanência, justiça social, e educação de qualidade, e sustentabilidade de acordo com a realidade do jovem e a sua comunidade. Em geral os alunos ficam 15 dias na escola e 15 dias na sua comunidade. E no tempo / escola, acontecem as oficinas de formação de permacultores e bioconstrutores, os momentos de interação sobre suas propriedades para o surgimento de ideias e propósitos de incubadoras e projetos voltados para os temas. Da mesma forma são elaboradas as novas propostas de formação de novos ofícios e de novas tecnologias no campo para o tempo / casa, exercícios de regeneração de ecossistemas, formação de agentes de desenvolvimento local, capazes de disseminar seus aprendizados para comunidades rurais, atingindo seus objetivos principais de formação integral e desenvolvimento local sustentável.

Tornar-se um “Centro de Excelência”, significa estender os limites do possível e a ampliação dos olhares para um mundo ampliado. A CFR Padre Josimo Tavares é a primeira referência de implementação de “Centros de Excelência” em Educação do Campo e Desenvolvimento Sustentável, em escala, para o Maranhão e para a região Amazônica. A equipe da escola com os Alunos e o CPCD, vem implementando esta prática, na Escola e nas comunidades, através da alternância. Um dos fatores que influencia fortemente este quadro é a presença de jovens formados pela CFR e conhecedores da metodologia do CPCD, nessas regiões de grandes áreas de assentamento e próxima a áreas de preservação ambiental.

Essa temática tem incentivado a busca de usos de terra ambientalmente sustentáveis. Um sistema agrícola sustentável na região é a Agrofloresta. Considerando que há diversificação de cultivos e é economicamente estratégica para pequenas propriedades.



A Agrofloresta é uma agricultura que gera melhores rendimentos econômicos e melhores condições de vida para a agricultura familiar, além de apresentar potencial de sustentabilidade ambiental. No entanto, este sistema ainda não foi foco principal de implantação e de investimento para demonstração de seu sucesso e sustentabilidade.

É um desafio para as novas gerações que frequentarão a CFR: construir novos conhecimentos e implementar os meios de produção preservando o meio ambiente e tendo qualidade de vida no meio rural para o fortalecimento da cultura camponesa. Nossa missão foi oferecer uma educação de qualidade e diferenciada para os jovens do campo, no campo e para o campo, visando oportunizar aos filhos e filhas dos agricultores familiares uma formação humana, preparando-os para fortalecer os princípios da agricultura Familiar, mas sobretudo se tornar melhor a cada dia, buscando excelência.

A CFR- Padre Josimo Tavares é atualmente um centro de excelência em educação no campo, referência para outras escolas que estão na zona rural no Maranhão e o projeto de implementação realizado lá, quer não só inspirar os alunos a inovar e impactar nos modos de vida de suas comunidades e impactar as escolas do entorno; quer também influenciar as , escolas da Amazônia, escolas brasileiras e, quem sabe, da América Latina para adotar um modelo de sustentabilidade para escolas do campo e para as comunidades de seu entorno, formando uma geração de jovens do campo, preparada para estar no campo , de forma sustentável e digna. Não é possível falar de toda trajetória vivida pelo CPCD no Maranhão sem homenagear alguém que teve a presença ativa nessa história do início ao fim. Helbert Rodrigues, o Betinho – Um ser incrível, uma força da natureza, especialmente apaixonado pela metodologia, pela vida e pelo Maranhão.



4. CONCLUSÃO

A partir do que vivemos no projeto, desejamos que a CFR seja um centro de excelência em educação do campo, irradiador de tecnologias e de um modelo, espaço permanente de formação técnica-e-profissional em Permacultura e Bioconstrução. Para que essa perspectiva sobreviva, muitas e muitas transformações precisam acontecer permanentemente, dentro e fora de cada indivíduo que passar pela experiência do centro de excelência – Padre Josimo Tavares. Muito futuros precisam ser escritos e o comandante deste desafio precisa ser sempre o objetivo a ser alcançado e não as pessoas que passam por ele.

E a nós, o que resta é agradecer e lembrar cada momento e dedicar essa vida ao eterno aprendizado. Agradecemos também pelas transformações em nome de todos que participaram e, em especial, ao parceiro de sonhos e utopias Helbert Rodrigues Betinho, que se encantou ao final dessa Jornada. Sua vida está cravada nestas linhas, nestes relatos misturada a cada pedagogia, a cada tecnologia experimentada. Está no que não conse-

guimos transportar para o papel, nas entrelinhas, nas rodas, nas cantorias, nas paisagens.

Vanguardeiro das ações e projetos implementados, desde o projeto Viva a Vida (2000) passando pelo Cuidando do futuro (2009) até o Projeto Cuidadores em Saúde em (2020). Com um sorriso cativante e uma voz inconfundível, misturou-se ao povo, festejando as tradições, cuidou das pessoas e do planeta. Em 2021 ele encantou-se, o Betinho foi morar no Infinito, mas deixou sua história, seu exemplo e o mundo bem melhor e tornou inesquecível seu sorriso, seu riso, suas histórias e sua coragem.

Hoje ele vive em cada letra da palavra CPCD, em cada sorriso das crianças nos projetos, nas pessoas que conheceu e amou e somos muitos espalhados por toda parte: Minas, Maranhão, tantos outros lugares. Quando sentimos sua falta levantamos os braços para nos abraçar, para trabalhar, e quando vem a vontade de chorar por sua ausência, nós sorrimos pela sua história pelo seu legado de árvores, de alimento, de respeito, de cultura, alegria e amor.

Referências

- ARANHA, Maria Lúcia Arruda. **História da educação e da pedagogia: geral e Brasil**. 3 ed. rev. ampl. São Paulo: Moderna, 2006.
- ASSIS, E. S. de. A UNESCO e a educação ambiental. **Revista Em Aberto/INEP**. Brasília, v. 10, n. 49, jan./mar. 1991. Disponível em: <http://emaberto.inep.gov.br/index.php/emaberto/article/viewFile/761/682>. Acesso em: 03 fev. 2021.
- ASSIS, E. S. de. A UNESCO e a educação ambiental. **Revista Em Aberto/INEP**. Brasília, v. 10, n. 49, jan./mar. 1991. Disponível em: <http://emaberto.inep.gov.br/index.php/emaberto/article/viewFile/761/682>. Acesso em: 03 fev. 2021.
- BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. **Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm. Acesso em: 17 jan. 2022.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/a-base>. Acesso em: 12 dez. 2021.
- FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996. (Coleção Leitura).
- GADOTT, M e MARTIN, L L. Educação e Mudança Volume 1. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979. (Coleção Educação e Comunicação). Disponível em: <http://stc.ma.gov.br/legisla-documento/?id=4699>. Acesso em: 13 jan. 2022.
- GADOTTI, Moacir. **História das ideias pedagógicas**. São Paulo: Ática, 1998. . Acesso em: 04 jul. 2022.
- GUIMARÃES, M. **Educação ambiental**. Duque de Caxias: UNIGRANRIO Editora, 2000. <http://www.cpcd.org.br/Tiao-rocha>.
- JEOVANO-SILVA, Vanessa Regal Maione; JEOVANO-SILVA, André Luiz; CARDOSO, Sheila Pressentin. Um olhar docente sobre as dificuldades do trabalho da educação ambiental na escola. **REMEA - Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 9, n.5, p. 256-272, 2018. Disponível em: <https://revistapos.cruzeirosul.edu.br/index.php/rencima/article/view/1357/105>. Acesso em: 10 jan. 2022.
- LOYOLA, C.M.D; ROCHA,S; MONTEIRO,C.B; SANTOS, E.A .; ESTÁCIOM. , L.S; LEITE, L.C.Juventude, educação, sonhos, desejos e expectativas: experiência da Casa Familiar Rural no Maranhão. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 16, e374101623888, 2021.
- MARANHÃO. Lei ordinária nº 9.279 de 20 de outubro de 2010. **Institui a Política Estadual de Educação Ambiental e o Sistema Estadual de Educação Ambiental do Maranhão**.
- Rodrigues, R. (2021). A ESTRUTURA E O FUNCIONAMENTO DO ENSINO E A FORMAÇÃO ESCOLAR. *Revista Contexto & Educação*, 36(113), 11–25. <https://doi.org/10.21527/2179-1309.2021.113.11-25>



11

IMPORTÂNCIA DOS METABÓLITOS SECUNDÁRIOS PRODUZIDOS POR ACTINOBACTÉRIAS

IMPORTANCE OF SECONDARY METABOLITES PRODUCED BY ACTINOBACTERIA

Isabelle Alves de Almeida¹

Fernanda Costa Rosa²

Alexya Gonçalves Mota³

Barbara Lima de Almeida³

Gessiane dos Santos de Souza⁴

Domendes José Silva Machado⁴

Amanda Silva dos Santos Aliança⁵

Rita de Cássia Miranda de Mendonça⁶

1 Biomedicina, Universidade Ceuma, São Luís-MA

2 Doutoranda em Biodiversidade e Biotecnologia, Universidade Ceuma, São Luís-MA

3 Mestranda em Meio Ambiente, Universidade Ceuma, São Luís-MA

4 Farmácia, Universidade Ceuma, São Luís-MA

5 Biomédica, Universidade Ceuma, São Luís-MA

6 Doutora em Biologia de Fungos, Universidade Ceuma, São Luís-MA

Resumo

Este capítulo versa sobre os aspectos mais relevantes das actinobactérias e seus bio-produtos. As actinobactérias são bactérias Gram-positivas com propriedades morfológicas de células fúngicas (micélio aéreo e vegetativo) e bacteriana. São amplamente distribuídas na natureza, sendo comumente isoladas de solo, água, sedimentos, plantas, plantas em decomposição, nódulos de raízes, lodo ativado, fezes de animais e produtos alimentícios; além de estarem distribuídas em habitats aquáticos e ambientes extremos como áreas congeladas, solos desérticos e zonas abissais, lugares considerados ideais para que os microrganismos produzam metabólitos secundários. Cerca de mais de 23.000 metabólitos microbianos são conhecidos, dos quais 32% são produzidos por actinomicetos. Os metabólitos secundários podem ser utilizados como modelo para síntese e semi-síntese de moléculas bioativas de amplo espectro e baixa toxicidade. Portanto, são diversas as aplicações esperadas para as actinobactérias, e cada vez mais a utilização de compostos bioativos, de origem natural, para o tratamento de diversas doenças, são incorporados na indústria farmacêutica. Entretanto, as actinobactérias ainda são pouco estudadas, principalmente as endofíticas, necessitando de mais pesquisas na área, pois a literatura ainda carece de estudos aprofundados dentro desse tema.

Palavras-chave: *Streptomyces*; Metabólitos secundários; Endofíticos

Abstract

This chapter is about on the most relevant aspects of actinobacteria and their bio-products. Actinobacteria are Gram-positive bacteria with morphological properties of fungal (aerial and vegetative mycelium) and bacterial cells. They are widely distributed in nature, being commonly isolated from soil, water, sediments, plants, decaying plants, root nodules, activated sludge, animal feces and food products; in addition to being distributed in aquatic habitats and extreme environments such as frozen areas, desert soils and abyssal zones, places considered ideal for microorganisms to produce secondary metabolites. About more than 23,000 microbial metabolites are known, of which 32% are produced by actinomycetes. Secondary metabolites can be used as a model for the synthesis and semi-synthesis of bioactive molecules with a broad spectrum and low toxicity. Therefore, there are several expected applications for actinobacteria, and increasingly the use of bioactive compounds, of natural origin, for the treatment of various diseases, are incorporated in the pharmaceutical industry. However, actinobacteria are still little studied, especially the endophytic ones, requiring more research in the area, as the literature still lacks in-depth studies within this theme..

Keywords: *Streptomyces*; Secondary metabolites; Endophytes



1. INTRODUÇÃO

O uso de plantas no tratamento e na cura de enfermidades é uma das práticas mais antigas de países como China, Grécia, Egito e Índia (ÁVILA *et al.*, 2020). Por essa razão, a Organização Mundial da Saúde (OMS) relata que 80% da população de alguns países asiáticos e africanos fazem uso de medicamentos oriundos de plantas para tratamento de alguma doença (WHO, 2002; CHEN *et al.*, 2016).

No Brasil, existe uma forte influência das culturas africanas e indígenas no que diz respeito à utilização de plantas medicinais e seus princípios ativos, a exemplo da população ribeirinha, que traz herança indígena sobre o conhecimento da flora e fauna regional, utilizando as ervas locais a partir desse conhecimento transmitido de geração em geração. Já a influência africana se deu por meio da importação de plantas trazidas de sua terra natal, utilizadas em rituais religiosos (LINHARES; RODRIGUES, 2015; MONTEIRO; BRANDELLI, 2017).

Esses fatores culturais podem estar diretamente relacionados ao baixo acesso dessa população (ribeirinha) aos medicamentos convencionais (ARAÚJO, 2016), diferente da população que vive em grandes cidades, que fazem uso das plantas como forma complementar aos fármacos industriais (OLIVEIRA, 2010). Para os pesquisadores existem outros fatores importantes que levaram ao aumento repentino das demandas da população, como a toxicidade e os efeitos adversos dos medicamentos convencionais; esses também são fatores que levaram ao aumento no número de fabricantes de medicamentos fitoterápicos e na redução do uso de drogas químicas (PARADA; MARGUET; VALLEJO, 2017).

Dentro desse contexto, no Brasil 80% das pessoas utilizam produtos oriundos de plantas medicinais, resultado desse conhecimento popular sobre as espécies nativas, principalmente da Amazônia que apresenta grande potencial biotecnológico, por deter uma grande variedade de ambientes e um enorme potencial de recursos naturais (CHEN *et al.*, 2016; PÁDUA, 2018). Esse potencial encontra-se nas mais diversas espécies das famílias botânicas encontradas na região e são de grande importância (MONTEIRO; BRANDELLI, 2017; DARDENGO *et al.*, 2021).

Algumas famílias de plantas da região amazônica podem ser citadas: Malvaceae, Asteraceae, Lamiaceae, Arecaceae, Fabaceae, Rubiaceae, Amaranthaceae, Passifloraceae, Phyllanthaceae, Sapotaceae e Myrtaceae (TREVISAN *et al.*, 2011; VIANA *et al.*, 2011; ÁVILA *et al.*, 2020), as quais são ricas fontes de compostos que podem ser usados para desenvolver a síntese de drogas (PARADA; MARGUET; VALLEJO, 2017) dessa forma, são utilizadas várias partes das plantas, como semente, raiz, folha, fruto, casca, flor ou mesmo a planta toda, produzindo ações sinérgicas. Nessas diferentes partes das plantas, certos materiais são produzidos e armazenados, sendo referidos como compostos ativos (substâncias), que têm efeitos fisiológicos sobre os organismos vivos. Entretanto, as plantas são vulneráveis a fatores de estresse abiótico, fazendo com que seu crescimento e a produção dessas substâncias sejam afetados de forma negativa (LORA; HOMAZA; HERRERO, 2016; OGBE; FINNIE; VAN STADEN, 2020).

Os fatores abióticos são fundamentais para a produção de compostos, crescimento e desenvolvimento das plantas, e diferentes espécies de plantas requerem condições ambientais ótimas de sobrevivência (BHATLA; TRIPATHI, 2014). Assim, a exposição à estresses ambientais e abióticos como, estresse salino, alta e baixa temperatura, seca, alta e baixa intensidade de luz, falta de nutrientes, ozônio e radiação UV (WANI *et al.*, 2008; GOSAL *et al.*, 2009; OGBE; FINNIE; VAN STADEN, 2020), induz várias mudanças fisiológicas e altera a

composição química da planta (WANG; FREI, 2011).

Para combater esses estresses, as plantas utilizam algumas estratégias, como produzir compostos de baixa massa molecular chamados metabólitos secundários, exemplo: quinonas, antocianinas, fenólicos, flavonoides, alcaloides, lignanas, esteroides, terpenoides, glucosinolatos, ácido betulínico, rutina, ácido clorogênico e trigonelina. Esses fitoquímicos desempenham papéis importantes nas interações das plantas com o ambiente, para ajuste, adaptação e defesa (RAMAKRISHNA; RAVISHANKA, 2011; OGBE; FINNIE; VAN STADEN, 2020).

Além das funções citadas, os metabólitos secundários também contribuem para os odores, sabores e cores específicos das plantas (QIU *et al.*, 2015) são fontes únicas de aditivos alimentares e produtos farmacêuticos industrialmente importantes (RAMAKRISHNA; RAVISHANKA, 2011; TUNGMUNNITHUM *et al.*, 2018). Dessa forma, vale ressaltar que as plantas também contam com a contribuição de microrganismos que fornecem condições adequadas para sobreviverem ao estresse do meio ambiente (OJEDA, 2017; PETRINI, 1991).

Esses microrganismos que habitam o interior das plantas, são chamados de endofíticos. São fungos e bactérias que se diferem dos epífitos (que vivem na superfície dos vegetais), e dos fitopatógenos (que causam doenças), devido ao fato de colonizarem tecidos saudáveis de partes da planta, em algum tempo do seu ciclo de vida, sem lhes causar danos, além de serem responsáveis por transformações no solo relacionadas com a nutrição e saúde das plantas (KENNEDY, 1999; PASSARI *et al.*, 2015; OJEDA, 2017; PASRIJA *et al.*, 2022).

Quase todas as espécies vegetais investigadas em pesquisas apresentam microrganismos endofíticos e, portanto, acredita-se que muitas das propriedades medicinais de algumas plantas podem estar relacionadas a eles, sugerindo que as propriedades terapêuticas de uma planta podem estar na interação entre ambos (POLI *et al.*, 2012; SPECIAN *et al.*, 2014).

Este capítulo consiste em uma revisão de literatura sobre os aspectos mais relevantes das actinobactérias endofíticas.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Microrganismos endofíticos

Com base em mais de uma década de pesquisa, pode-se afirmar que bilhões de espécies de plantas em ecossistemas naturais são hospedeiras de milhares de microrganismos endofíticos, fazendo desse grupo um dos recursos naturais inexplorados mais significativos para a bioprospecção de metabólitos secundários (RASHMI; KUSHVEER; SARMA, 2019; MANGANYI; ATEBA, 2020; THEODORO, 2022).

Os endofíticos podem ser divididos em dois grupos distintos (sistêmicos ou não sistêmicos) com base em sua biologia, modo de propagação, evolução e taxonomia. Endofíticos sistêmicos ou verdadeiros são aqueles que residem nos tecidos vegetais, mantêm interações com o hospedeiro, são assintomáticos e são normalmente encontrados dentro da planta sob todos os tipos de condições; já os não sistêmicos ou transitórios são aqueles que passam uma parte do seu ciclo de vida dentro dos tecidos da planta hospedeira, sem produzir sintomas de infecção (BOTELLA; DIEZ, 2011; WANI *et al.*, 2015; OGBE; FINNIE; VAN STADEN, 2020). Nesses casos os endofíticos podem ser fungos ou bactérias, e ambos têm disso bastante estudados nos últimos anos (SOARES, 2011).

Os fungos endofíticos têm recebido mais atenção por se tratarem de fontes primárias



para materiais como borracha natural, corantes, aromas, suplementos naturais e fármacos (NOMURA; OGITA; KATO, 2018), além de apresentarem grande importância no que diz respeito à adaptação das plantas em condições extremas, como já comentado anteriormente (CANUTO et al., 2012). Entretanto, os endofíticos procarióticos também possuem reconhecimento por seus potenciais na produção de metabólitos de interesse econômico (PÁDUA, 2018) com diversas atividades comprovadas, como antifitopatogênica (MELLO et al., 2010; SOUSA et al., 2013), antimicrobiana (JALGAONWALA; MOHITE; MAHAJAN, 2010; SELIM et al., 2011; ZANARDI et al., 2012; BANHOS et al., 2014; MAPPERSON et al., 2014), antibacteriana (DING et al., 2011; RODRIGUES et al., 2018), antitumoral (SILVA, 2018) e antidiabetes (QIU et al., 2015).

Os artigos científicos também têm relatado de que forma o crescimento dos microrganismos endofíticos, em suas plantas hospedeiras, é favorecido; sendo enfatizado o papel dos fatores ambientais incluindo temperatura, natureza do solo, umidade, tipo de planta, etc. (STROBEL; DAISY, 2003; AYSWARIA; VASU; KRISHNA, 2020).

O clima influencia na diversidade microbiana, sendo mais propício o aparecimento de microrganismos endofíticos em regiões tropicais e temperadas, produzindo um maior número de metabólitos, consequência da exposição do hospedeiro à uma maior biodiversidade (STROBEL; DAISY, 2003; RODRIGUES; DUARTE-ALMEIDA. PIRES, 2010; FERNANDES, 2019); outra influência é o local e o tipo de espécie vegetal, um exemplo são as plantas lenhosas, as quais a maioria das cepas de endofíticos são isoladas (KAEWKLA; FRANCO, 2013; PROENÇA et al., 2017).

De modo geral, as pesquisas com endofíticos têm aumentado não só a nível de conhecimento sobre a relação mutualística com a planta, mas principalmente com relação aos avanços biotecnológicos, resultando em pesquisas voltadas para a produção de novos compostos com atividade antimicrobiana e utilizados na biorremediação, a partir dos seus metabólitos secundários (SHARMA; KUMAR, 2021). Paralelamente à produção desses compostos bioativos, muitos endofíticos apresentam uma habilidade natural e de grande importância: degradar xenobióticos; ou seja, compostos estranhos a um organismo ou sistema biológico (pesticidas) (VILLAS BOAS et al., 2020). Essa habilidade, resistência a metais tóxicos e degradação de compostos orgânicos, se deve à exposição a diversos compostos no nicho planta-solo, e tem sido investigada para fins de fitorremediação (RYAN et al., 2008).

As pesquisas sobre biorremediação sugerem que os endofíticos procariontes, evoluíram com sucesso para o ambiente contaminado por metais pesados e desenvolveram respostas imunes como biomagnificação (magnificação trófica - acúmulo progressivo de substâncias de um nível trófico para outro). Na presença de metais inorgânicos (como Fe, As, Pb, Cu, Mn, Cd e Mg) os endofíticos usam uma série de mecanismos, como biotransformação, extrusão, uso de enzimas, produção de exopolissacarídeos (EPS) e síntese de metalotioneína para resistir à toxicidade do metal (SINGH et al., 2017; SHARMA; KUMAR, 2021). Assim, a tolerância ao estresse mediada por bactérias endofíticas é considerada a técnica mais bem sucedida para biorremediação, porque é aceitável e viável tanto ambientalmente quanto economicamente, podendo diminuir o acúmulo dos metais pesados, em diferentes ecossistemas (TIWARI; LATA, 2018; ROGOWSKA et al., 2020).

Portanto, são diversas as aplicações esperadas para os microrganismos endofíticos, desde a utilização como agentes no controle biológico de pragas e de ervas daninhas até a obtenção de metabólitos secundários com potencial terapêutico (PEARCE, 1997; MACIEL et al., 2002; PENG et al., 2015; SINGH et al., 2017; THEODORO, 2022).

2.2 Metabólitos secundários

Os microrganismos produzem metabólitos secundários em uma fase tardia de seu ciclo de crescimento. Acredita-se que o esgotamento dos nutrientes e o declínio na velocidade de crescimento geram sinais que produzem uma cascata de eventos regulatórios, conduzindo a diferenciação química (metabolismo secundário). O sinal é uma pequena molécula indutora de baixo peso molecular que se une a uma proteína reguladora que impede o metabolismo secundário durante o crescimento. Estes sinais ativam provavelmente um “gene maestro” que atua a nível de tradução, o qual codifica para um tRNA raro e para um fator de transcrição positivo. Ou seja, enquanto houver crescimento exponencial e excesso de nutrientes, essa regulação impede o metabolismo secundário (GRAEFE, 1989; DEMAINE, 1999; ÁLVAREZ, 2011).

Sendo assim, é importante enfatizar que os metabólitos secundários não são necessários para o crescimento do microrganismo que os produzem, porém em estado natural suas funções se encontram ligadas a sobrevivência da espécie e tem demonstrado grande potencial para a saúde humana e animal (RUIZ et al., 2010). Cada metabólito secundário é produzido por um grupo muito reduzido de microrganismos; geralmente são produzidos como misturas de produtos relacionados quimicamente entre si, e a produção pode se perder facilmente por mutação espontânea (DEMAINE; FANG, 2001; ÁLVAREZ, 2011). Entre os microrganismos produtores desses compostos mencionados, as bactérias e os fungos produzem uma gama diversificada de pequenas moléculas bioativas, produzidas principalmente pela ativação de clusters de genes crípticos que não são ativos em condições normais e, assim, a expressão desses clusters seria útil na exploração da diversidade química de microrganismos (O'BRIEN; WRIGHT, 2011; PETTIT, 2011).

Esta grande variedade de compostos produzidos na natureza se vê refletida em cerca de mais de 23.000 metabólitos microbianos conhecidos, dos quais 42% são produzidos por fungos, 32% por actinomicetos (bactérias com características morfológicas de células fúngicas) e o restante produzidos por outros grupos de bactérias (LAZZARINI et al., 2000). Os metabólitos secundários podem também ser utilizados como modelo para síntese e semi-síntese de moléculas bioativas de amplo espectro e baixa toxicidade (DEMAINE, 2006; GULLO et al., 2006; CHAGAS, 2013).

Dentro dos metabólitos secundários de importância farmacológica e biotecnológica, os antibióticos são os mais visados, sendo 75% deles produzidos por actinomicetos. Os outros metabólitos secundários são toxinas, vitaminas, intermediários metabólicos, feromônios, inibidores enzimáticos, agentes imunomoduladores, antagonistas e agonistas de receptores, alcaloides, pesticidas, agentes antitumorais, giberelinas e pigmentos (DEMAINE; FANG, 2001; CHALLIS; HOPWOOD 2003; ÁLVAREZ, 2011). Por essa razão inúmeras pesquisas já relataram várias atividades atribuídas aos microrganismos endofíticos produtores de metabólitos secundários.

A descoberta da produção de metabólitos secundários por parte dos endofíticos se estabeleceu principalmente com o filo Actinomicetos, um grupo de bactérias gram-positivas, como o gênero *Streptomyces*, que desempenham papel fundamental nos campos da medicina humana e seus setores de biotecnologia ao longo das últimas décadas (BARKA et al., 2016; KIM, 2021). Algumas espécies como *Streptomyces griseus*, são excepcionais produtoras de antibióticos, sendo relatada a produção de pelo menos 40 antibióticos diferentes (ÁLVAREZ, 2011).



2.3 Actinobactérias

As actinobactérias são bactérias Gram-positivas com propriedades morfológicas de células fúngicas (micélio aéreo e vegetativo) e bacteriana (AYSWARIA; VASU; KRISHNA, 2020). A diferenciação morfológica desse grupo envolve a formação de uma camada de hifas que podem se diferenciar em uma cadeia de esporos, quando um esporo encontra condições favoráveis de temperatura, nutrientes e umidade, o tubo germinativo é formado e as hifas se desenvolvem (PROCÓPIO *et al.*, 2012).

Actinobactérias são amplamente distribuídas na natureza, sendo comumente isoladas de solo, água, sedimentos, plantas, plantas em decomposição, nódulos de raízes, lodo ativado, fezes de animais e produtos alimentícios, formam uma população estável e persistente em vários ecossistemas, principalmente em solos alcalinos secos (VEIGA; ESPARIS; FABREGAS, 1983; MCCARTHY; WILLIAMS, 1990). Kennedy (1999) em seus estudos, afirmou que 30% da população total de microrganismos no solo correspondem aos actinomicetos, e Iwai; Takahashi (1992) relataram que 80% dos actinomicetos do solo ocorrem na camada mais superficial (0-10cm), diminuindo progressivamente com a profundidade. Além de estarem distribuídas em habitats aquáticos e ambientes extremos como áreas congeladas, solos desérticos e zonas abissais (PATHOM-AREE *et al.*, 2006; OKORO *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2018).

Entre suas características particulares estão o alto conteúdo de Guanina e Citosina (G+C), a porcentagem de G+C é a mais alta que qualquer bactéria; apresentam ainda um odor típico de solo úmido, em decorrência da produção de geosmina (SOARES 2011; ÁLVAREZ, 2011; OJEDA, 2017; AISWARIA; VASUA; KRISHNAB, 2020); são capazes de degradar muitas substâncias complexas e conseqüentemente cumprem um papel muito importante na química do solo; apresentam uma alta atividade metabólica; e produzem terpenóides, pigmentos e enzimas extracelulares (SHARMA *et al.*, 2005; SILVA; SILVA; SILVA, 2022).

São microrganismos aeróbios de modo geral, mas alguns gêneros são facultativos ou anaeróbios obrigatórios. Metabolicamente podem ser autotróficos, heterotróficos, quimiotróficos ou fototróficos (KENNEDY, 1999). Apresentam colônias lisas, duras, coriáceas ou secas, de diferentes colorações como brancas, rosas, laranjas, verdes, cinzas, entre outras (EZZYANI *et al.*, 2004; SOARES, 2011).

A propriedade mais notável é o grau em que produzem antibióticos. Está comprovado que mais de 500 substâncias antibióticas distintas são produzidas por elas, as quais têm múltiplas aplicações em medicina, veterinária e agricultura (CHALLIS; HOPWOOD, 2003; ÁLVAREZ, 2011). Algumas espécies são excepcionais produtoras de antibióticos, como por exemplo *Streptomyces griseus*, que produz pelo menos 40 antibióticos diferentes (ÁLVAREZ, 2011); e os gêneros predominantes deste grupo são *Nocardia*, *Streptomyces* e *Micromonospora*. (SILVA; SILVA; SILVA, 2022).

Os actinomicetos são responsáveis especificamente pela decomposição de polímeros complexos como lignocelulose e quitina; do antagonismo com fungos do solo, a partir da fixação simbiótica de nitrogênio (ZAITLIN *et al.*, 2004); e pela produção de antibióticos e substâncias biologicamente ativas (TAKEFUMI *et al.*, 2005). Eles desempenham um papel importante na formação de agregados estáveis no solo, construindo uma estrutura de macro poros que permite a penetração de água e ar, evitando a erosão (FRITZ *et al.*, 2003). Além disso, são importantes na formação e manutenção da diversidade de plantas e na estrutura das comunidades vegetais (XIN *et al.*, 2005; CARDONA; ARCOS; MURCIA, 2005). Apesar de muitas actinobactérias viverem em harmonia com as plantas, algumas podem apresentar patogenicidade em plantas e humanos como os gêneros *Actinomadura*, *Mycobacterium*, *Clavibacter* e *Curtobacterium* (VENTURA *et al.*, 2007; GOODFELLOW, 2012;

SILVA, 2018).

Os estudos com actinobactérias aumentam cada vez mais devido ao registro de mais de 10.000 compostos bioativos já produzidos. Destes, 75% são produzidos pelo gênero *Streptomyces*, sendo reportado como fonte de antibióticos antifúngicos, antivirais, herbicidas, imunossupressores e agentes antitumorais (NEWMAN; REYNOLDS, 2005; OLANO et al., 2009; GOODFELLOW; FIEDLER, 2010). Os 25% restantes de compostos bioativos foram isolados de actinomicetos raros, ou seja, gêneros isolados em menor frequência (GOS et al., 2017; SILVA; SILVA; SILVA, 2022).

2.3.1 Potencial biotecnológico de actinobactérias

Quando se fala em aplicações biotecnológicas, os actinomicetos são potencialmente úteis na agricultura, na indústria alimentícia e farmacêutica. Podem ser utilizados como vetores para introdução de genes de interesse nas plantas (FAHEY, 1988; MURRAY et al., 1992), como agentes inibidores de pragas e patógenos (VOLKSCH et al., 1992; HALLMANN; SIKORA, 1996) e como fontes de metabólitos secundários de interesse clínico.

2.4 Utilização de enzimas

Outras aplicações biotecnológicas dos actinomicetos são a utilização de enzimas e a busca por novos agentes antimicrobianos. O papel das enzimas em muitos processos vem desde a Grécia antiga, onde se utilizava as enzimas de microrganismos na produção de álcool, em bebidas e na produção de queijos (DEMIRIJAN et al., 2001). Atualmente os microrganismos e suas enzimas são usados em atividades biotecnológicas como hidrólise de polímeros, síntese de compostos, descontaminação de solos, entre outras (CHERRY; FIDANTSEF, 2003). Entre as várias enzimas de importância industrial destacam-se: amilases (*Nocardia* e *Streptomyces*) (VIGAL et al., 1991), esterases, lipases, pectinases, proteases (*Streptomyces*) (RODRIGUES, 2006) e celulases (*Microbispora*, *Streptomyces*, *Thermoactinomyces* e *Thermomonospora*) (YAZDII et al., 2000; TUNCER et al., 2004). Esta última, onde os Actinomicetos são um dos grupos mais investigados para sua produção, permite o uso na clarificação de sucos de frutas, extração de sucos, óleo de sementes, no processamento de ração animal para melhorar a digestibilidade de animais monogástricos, em detergentes com funções de amaciantes, estonação de jeans, no pré tratamento da biomassa que contém celulose e no pré-tratamento de resíduos industriais (RODRIGUES, 2006).

2.5 Atividade antimicrobiana

A busca por novos agentes antimicrobianos é uma linha de pesquisa muito procurada no desenvolvimento de novas biotecnologias, uma vez que surgem cada vez mais patógenos resistentes aos antibióticos usados na clínica (OJEDA, 2017). Assim, diversos estudos têm comprovado a ação de endofíticos contra outros microrganismos.

Ding et al. (2011) isolaram a bactéria endofítica *Streptomyces* sp. (HKI0595), presente na árvore *Kandelia candel* (situada no continente asiático), a qual produziu compostos conhecidos como xiamicina, indosispeno e sespenina, que apresentaram atividade antibacteriana contra *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Mycobacterium vaccae* e *Enterococcus faecalis*.



Em outro trabalho realizado por Jalgaonwala, Mohite e Mahajan (2011) foi comprovada a presença de microrganismos endófitos no interior de várias espécies de plantas medicinais nativas da Índia, estes microrganismos apresentaram atividade antifúngica e antibacteriana contra *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Bacillus subtilis*, *S. aureus*, *Aspergillus niger*, *A. avamori*, *Trycoderma konningi*, *Fusarium oxysporium* e *Penicillium fumicalsuri*.

Da mesma forma, vários outros estudos com bactérias endofíticas, no passado, proporcionaram a descoberta de antibióticos e antifúngicos bem conhecidos na atualidade. A anfotericina B, antifúngico produzido pela actinobactéria *Streptomyces nodosus* (SOUZA *et al.*, 2004; MURPHY *et al.*, 2010); assim como a daptomicina, polipeptídeo (isolado de *Streptomyces roseoporus*), tem como microrganismo alvo bactérias Gram-positivas (TEDESCO; RYBAK, 2004); eritromicina (produzida por *Streptomyces erythreus*), eficiente contra bactérias Gram positivas, atuando na síntese proteica; neomicina (sintetizada por *Streptomyces fradiae*), usada com frequência em infecções de pele, ouvidos e olhos; estreptomicina (produzido por *Streptomyces griseus*) que atua em bactérias Gram negativas aeróbias e certas micobactérias; tetraciclina (produzida por *Streptomyces rimosus*); e a gentamicina (produzida por *Streptomyces tenebrarius*) (SAADAUM; GHARAIBEH, 2003; RODRIGUES, 2006).

2.6 Atividade antitumoral e antimalárica

Assim como muitos antimicrobianos, a terapêutica do câncer foi iniciada com um composto obtido a partir de culturas de *Streptomyces*, a actinomicina D. Estima-se que aproximadamente 60% dos agentes antineoplásicos, introduzidos para a terapia do câncer nas últimas décadas, tem origem vegetal e microbiana (CASTILHO *et al.*, 2002). Dessa forma, os relatos das atividades por *Streptomyces* só aumentam, a exemplo da pesquisa realizada por Silva (2018), onde foi observado que *Streptomyces* sp. CMAA1527 (isolada do continente Antártico) apresentou pronunciada atividade antiproliferativa *in vitro*, para tumores de mama, pulmão, rim e sistema nervoso central, através da produção de cinerubina B, substância já conhecida e usada em inúmeros fármacos para o tratamento de cânceres. Nesse contexto, substâncias provenientes de microrganismos e plantas estão entre as mais promissoras, representando aproximadamente 60% dos agentes antitumorais aprovados para uso (SILVA, 2018).

No início dos anos 2000, essas bactérias, descritas como produtoras de moléculas bioativas de interesse farmacológico, foram alvo de muitas pesquisas. Tratava-se de *Streptomyces* NRRL 30562 isolada da planta trepadeira pássaro negro (*Kennedia nigriscans*); *Streptomyces* sp. NRRL 30566, isolada da folha da samambaia (*Grevillea pteridifolia*), ambas encontradas no Norte da Austrália; e *Streptomyces* sp. MSU-2110 isolada de uma videira (*Monstera* sp.) encontrada na região de Manu na Amazônia peruana. Essas bactérias produziram substâncias com impressionante atividade contra o parasita da malária, *Plasmodium falciparum*, são elas munumbicina A, B, C e D (CASTILHO *et al.*, 2002); kakadumicina A (CASTILHO *et al.*, 2003); e coronamicina (EZRA *et al.* 2003).

3. CONCLUSÃO

As pesquisas com microrganismos avançam, e cada vez mais a utilização de compostos bioativos, de origem natural, para o tratamento de diversas doenças, são incorporados na indústria farmacêutica. Entretanto, as actinobactérias ainda são pouco estudadas, principalmente as endofíticas, necessitando de mais pesquisas na área, pois a literatura ainda

carece de estudos aprofundados dentro desse tema.

Referências

- ÁLVAREZ, A. M. Metabólitos secundários de actinomicetos. In: FIERRO, F. F.; ONOFRE, M. V. (Orgs). **Impacto de la biología molecular y las nuevas tecnologías en el conocimiento de la función celular y sus aplicaciones**. Cidade do México: Casa abierta al tiempo/UAM, p. 27-37, 2011.
- ARAÚJO, Crisdiano Santos Ferreira de. **Potencial antifúngico in vitro e in vivo de metabólitos bioativos de plantas medicinais do Nordeste**. 2016. Dissertação (Mestrado em Biologia de Fungos) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.
- ÁVILA, S. H. O. et al. Avaliação do conhecimento dos acadêmicos sobre plantas medicinais e fitoterápicos em município da Amazônia Legal. **Revista Eletrônica Interdisciplinar**, Barra do Garças, v. 12, n. 2, 2020.
- AYSWARIA, R. A.; VASU, V.; KRISHNA, R. Several endophytic species of *Streptomyces* with dynamic metabolites and their meritorious applications: a critical review. **Critical Reviews in Microbiology**, 2020.
- BANHOS, E. F. et al. Fungos endofíticos de *Myrcia guianensis* na Amazônia brasileira: distribuição e bioatividade. **Revista Brasileira de Microbiologia**, v. 45, p. 153-161, 2014.
- BARKA, E. A. et al. Taxonomy, physiology, and natural products of. **American Society for Microbiology**, v. 80, p. 1-43, 2016.
- BEZERRA, J. D. et al. Fungos endofíticos da planta medicinal *Bauhinia forficata*: diversidade e potencial biotecnológico. **Revista Brasileira de Microbiologia**, v. 46, p. 49-57.
- BHATLA, R.; TRIPATHI, A. O estudo da variabilidade da precipitação e da temperatura em Varanasi. **International Journal Earth Atmospheric Science**, v. 1, p. 90-94, 2014.
- BOTELLA, L.; DIEZ, J. J. Diversidade filogenética de endófitos fúngicos em povoamentos espanhóis de *Pinus halepensis*. **Mergulhadores Fúngicos**, v. 47, p. 9-18, 2011.
- CAFÊU, M. C. et al. Substâncias antifúngicas de *Xylaria* sp., um fungo endofítico isolado de *Palicourea marcgravii* (Rubiaceae). **Química**. Nova, v. 28, n. 6, p. 991-995, 2005.
- CANUTO, K. M. **Fungos endofíticos: perspectiva de descoberta e aplicação de compostos bioativos na agricultura**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2012.
- CARDONA, G. I.; ARCOS, A. L.; MURCIA, U. G. 2005 Abundancia de actinomicetes y micorrizas arbusculares en paisajes fragmentados de la Amazonia colombiana. **Agronomía Colombiana**, v. 23, n. 2, p. 317-326, 2005.
- CASTILHO, U. F. et al. Munumbicins, wide spectrum antibiotics produced by *Streptomyces* (NRRL 30562) endophytic on *Kennedia nigricans*. **Microbiology**, v. 148, p. 2675-2685, 2002.
- CASTILLO, U. F. et al. Kakadumycis, novel antibiotics from *Streptomyces* sp. NRRL 30566, na endophyte of *Grevillea pteridifolia*. **FEMS Microbiology Letters**, v. 224, p. 183-190, 2003.
- CHAGAS, Marddonny Bruno de Oliveira. **Fungos endofíticos de *Hancornia speciosa* Gomes: identificação e atividade antimicrobiana**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.
- CHALLIS, G. L.; HOPWOOD, D. A. Synergy and contingency as driving forces for the evolution of multiple secondary metabolite production by *Streptomyces* species. **Proceedings of the National Academy of Sciences-PNAS**, v. 100, n. 14555-14561, 2003.
- CHEN, S. L. et al. Conservation and sustainable use of medicinal plants: problems, progress, and prospects. **Chinese Medicine**, v. 11, n. 37, 2016.
- CHERRY, J. R.; FIDANTSEF, A. L. Directed Evolution of industrial enzymes: na update. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 14, p. 438-443, 2003.
- DARDENGO, J. F. E. et al. Estrutura e diversidade genética de *Theobroma speciosum* (Malvaceae) e implicações para a conservação da Amazônia brasileira. **Revista do Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, v. 72, 2021.
- DEMAIN, A. L. Pharmaceutically active secondary metabolites of microorganisms. **Applied Microbiol and Biotechnology**, v. 52, p. 455-463, 1999.
- DEMAIN, A. L.; FANG, A. The natural functions of secondary metabolites. History of Modern Biotechnology, v.



69, p. 1-39, 2001.

DEMIRIJAN, D.; MORIS-VARA, F.; CASSIDY, C. Enzymes from extremophiles. **Current Opinion in Chemical Biologycal**, v. 5, p. 144-151, 2001.

DING, L. et al. Família de indolosesquiterpenos multicíclicos de um endófito bacteriano. **Organic & Biomolecular Chemistry**, v. 9, p. 4029-4031, 2011.

EZRA, D. et al. Coronamycins, peptide antibiotics produced by a verticillate *Streptomyces* sp. (MSU-2110) endophytic on *Monstera* sp.. *Microbiology*, v. 150, p. 785-793, 2004.

EZZYANI, M. et al. Evaluación del biocontrol *Phytophthora capsici* en Pimiento (*Capsicum annun* L.) por tratamiento com *Burkholderia cepacia*. **Anales de Biología**, v. 26, p. 61-68, 2004.

FAHEY, J. W. Endophytic bacteria for the delivery of agrochemicals to plants. In: CUTLER, H. O. (Ed.) biologically active natural products. potential use in agriculture. **American Chemical Society Symposium Series**, p.120-128, 1988.

FERNANDES, Antônia Isadora. **Avaliação da atividade antifúngica dos metabólitos secundários dos fungos endofíticos da *Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan**. 2019. Monografia (Graduação em Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos) – Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2019.

FRITZ, O. et al. Impact of land use intensity on the species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems of Central Europe. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 69, n. 5, p. 2816-2824, 2003.

GOODFELLOW, M. Bergey's manual of systematics of Archaea and bactéria. In: WHITMAN, W. et al. (Eds.) **Classe Actinobacteria**. 5. ed. New York: Springer, 2012.

GOODFELLOW, M. FIEDLER, H. P. A guide to successful bioprospecting: informed by actinobacterial systematics. **Antoine Van Leeuwenhoek**, v. 98, n. 2, p. 119-142, 2010.

GOS, F. M. W. R. et al. Antibacterial activity of endophytic Actinomycetes isolated from the medicinal plant *Vochysia divergens* (Pantanal, Brazil). **Frontiers of Microbiology**, v. 6, p. 1-17, 2017.

GOSAL, S. S.; WANI, S. H.; KANG, M.S. Biotecnologia e tolerância à seca. **Journal of Crop Improvement**, v. 23, p. 19-54, 2009.

GRAEFE, G.; WARD, K. Dynamic Query Evaluation Plans. ACM Digital Library, p. 358-366, 1989.

GULLO, V. P. et al. Drug discovery from natural product. **Journal of Industrial Microbiology Biotechnology**, v. 33, p. 523-531, 2006.

HALLMANN, J.; SIKORA, R. A. Toxicity of Fungal endophyte secondary metabolites to plant parasitic nematodes and soil borne plant pathogenic fungi. **European Journal of Plant Pathology**, v. 102, p. 155-162, 1996.

IWAI, Y.; TAKAHASHI, Y. Selection of microbial sources of bioactive compounds. In: OMURA, S. (Ed.). **The search bioactive compounds from microorganisms**. New York: Spring-Verlag, p. 281-302, 1992.

JALGAONWALA, R. E.; MOHITE, B. V.; MAHAJAN, R. T. 2011. Uma revisão: produtos naturais de fungos endofíticos associados a plantas. **Journal Microbiology Biotechnology Research**, v. 1, n. 2, p. 21-32, 2011.

KAEWKLA, O.; FRANCO, C. M. Abordagens racionais para melhorar o isolamento de actinobactérias endofíticas de árvores nativas australianas. **Micróbio Eco**, v. 65, n. 2, p. 384-393, 2013.

KENNEDY, A. C. Bacterial diversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 74, p. 65-76, 1999.

KIM, E. S. Avanços recentes de Actinomycetes. **Biomoléculas**, v. 11, n. 134, 2021.

LAZZARINI, A. et al. Rare genera of actinomycetes as potential producers of new antibiotics. **Antonie Van Leeuwenhoek**, v. 78, p. 399-405, 2000.

LINHARES, J. F. P.; RODRIGUES, M. I. A. **levantamento etnobiológico de um trecho do Rio Mearim e Mata ciliar correspondente - Barra do Corda-MA, Brasil**. 2015.

LORA, J.; HOMAZA, J. I.; HERRERO, M. The diversity of the pollen tube pathway in plants: toward an increasing control by the sporophyte. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, 2016.

MACIEL, M. A. M. et al., Plantas medicinais: a necessidade de estudos multidisciplinares, **Química Nova**, v. 25, n. 3, p. 429-438, 2002.

MANGANYI, M. C.; ATEBA, C. N. Potenciais inexplorados de fungos endofíticos: uma revisão de novos compostos bioativos com aplicações biológicas. **Microorganismos**, v. 8, n. 12, p. 1934, 2020.

- MAPPERSON, R. R. et al. The diversity and antimicrobial activity of *Preussia* sp. endophytes isolated from australian dry rainforest. **Current Microbiology**, v. 68, n. 1, p. 30-37, 2014.
- MCCARTHY, A. J.; WILLIAMS, S. T. Actinomycetes as agentes of biodegradation in environment – a review. **Gene**, v. 115, p. 189-192, 1990.
- MELLO, V. K. et al. **Antagonismo in vitro e obtenção dos extratos brutos de microrganismos endofíticos isolados do milho crioulo frente ao fungo fitopatogênico *Fusarium* sp. I 51-2**. CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DE PÓS-GRADUAÇÃO, 1. Florianópolis, 2010.
- MONTEIRO, S. C.; BRANDELLI, C. L. C. **Farmacobotânica: aspectos Teóricos e Aplicação**. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- MURPHY, B. et al. Isolation and characterisation of amphotericin B analogues and truncated polyketide intermediates produced by genetic engineering of *Streptomyces nodosus*. **Journal Organic & Biomolecular Chemistry**, n. 16, 2010.
- MURRAY, F. R.; LATCH, G. C. M.; SCOTT, D. B. Surrogate transformation of perennial ryegrass, *Lolium perenne*, using genetically modified *Acremonium* endophyte. **Molecular General Genetics**, n. 233, p. 1-9, 1992.
- NEWMAN, L. A.; REYNOLDS, C. M. Bacteria and phytoremediation: new uses for endophytic bacteria in plants. **Trends in Biotechnology**, v. 23, p. 6–8, 2005.
- NOMURA, T.; OGITA, S.; KATO, Y. Rational metabolic-flow switching for the production of exogenous secondary metabolites in bamboo suspension cells. **Scientific Reports**, v. 8, p. 13203, 2018.
- O'BRIEN, J.; E WRIGHT, G. D. Uma perspectiva ecológica do metabolismo secundário microbiano. **Biotecnologia**, v. 22, p. 552-558, 2011.
- OGBE, A. A.; FINNIE, J. F.; VAN STADEN, J. The role of endophytes in the accumulation of secondary metabolites in medicinal plants under abiotic stress. **South African Journal of Botany**, v. 134, p. 126-134, 2020.
- OJEDA, Cinthya Paola Ortiz. **Potencial biotecnológico dos microrganismos endofíticos isolados do jambú (*Acmella ciliata* (Kunth) Cass.) para controle de microrganismos patógenos**. 2017. Dissertação. (Mestrado em Biotecnologia e Recursos Naturais da Amazônia) – Universidade do Estado da Amazônia, Manaus, 2017.
- OKORO, C. K. et al. Diversity of culturable actinomycetes in hyper-arid soils of the Atacama desert, Chile. **Antonie Van Leeuwenhoek**, v. 95, n. 2, p. 121-133, 2009.
- OLANO, C., MÉNDEZ, C.; SALAS, J. A. Antitumor compounds from marine actinomycetes. **Marine Drugs**, v. 7, p. 210 – 248, 2009.
- OLIVEIRA, Rafael Lopes. **Isolamento e avaliação do potencial biotecnológico de fungos endofíticos de *Piper hispidum***. 2010. 95f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia e Recursos Naturais) – Universidade do Estado do Amazonas, Manaus – AM, 2010.
- PÁDUA, Ana Patrícia Sousa Lopes de. **Diversidade e potencial para produção de L-asparaginase de fungos endofíticos de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (aroeira do sertão)**. 2018. Dissertação (Mestrado em Biologia de Fungos) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.
- PARADA, R. B.; MARGUET, E. R.; VALLEJO, M. Aislamiento y caracterización parcial de actinomicetos de suelos con actividad antimicrobiana contra bacterias multidrogo-resistentes. **Revista Colombiana de Biotecnología**, v. 19, n. 2, p. 15-23, 2017.
- PASRIJA, P. et al. Endophytes: an untapped treasure to fight multidrug resistance. **Phytomedicine Plus**, v. 2, 2022.
- PASSARI, A. K. et al. Isolamento, abundância e afiliação filogenética de actinomicetos endofíticos associados a plantas medicinais e triagem de seu potencial biossintético antimicrobiano in vitro. **Frontiers in microbiology**, v. 6, n. 273, 2015.
- PATHOM-AREE, W. et al. Diversity of actinomycetes isolated from Challenger deep sediment (10,898m) from the Mariana Trench. **Extremophiles**, v. 10, n. 3, p. 181-189, 2006.
- PEARCE, C. Biologically active fungal metabolites. **Advances in Applied Microbiology**, v.44, p.1-80, 1997.
- PENG, A. et al. Diversity and distribution of 16S rRNA and phenol monooxygenase genes in the rhizosphere and endophytic bacteria isolated from PAH-contaminated sites. **Scientific Reports**, v. 5, n. 12173, 2015.
- PETIT, R. K. Elicitação de pequenas moléculas de metabólitos secundários microbiano. **Microbial Biotechnology**, v. 4, p. 471-478, 2011.

- PETRINI, O. Fungal endophyte of tree leaves. In: ANDREWS, J.; HIRANO, S.S. (Eds.) **Microbial ecology of leaves**. New York: String-Verlag, p. 179-197, 1991.
- POLI, A. et al. Aspectos da interação dos microrganismos endofíticos com plantas hospedeiras e sua aplicação no controle biológico de pragas na agricultura. **SaBios: Revista Saúde e Biologia**, v.7, n.2, p.82-89, 2012.
- PROCÓPIO, R. E. L. et al. Antibiotics produced by Streptomyces. **The Brazilian Journal of Infectious Diseases**, v. 16, n. 5, p. 466–471, 2012.
- PROENÇA, D. N. et al. Diversidade e função da comunidade microbiana endofítica de plantas com potencial econômico. In: DE AZEVEDO, J.; QUECINE, M. (Ed.). Diversidade e benefícios dos microrganismos dos trópicos. **Cham: Springer**, p. 209-243, 2017.
- QIU, P. et al. Diversity, bioactivities and metabolic potentials of endophytic actinomycetes isolated from medicinal plants traditional in Sichuan, China. **Chinese Journal of Natural Medicines**, v. 13, n. 12, 2015.
- RAMAKRISHNA, A.; RAVISHANKA, G. A. Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. **Plant Signaling & Behavior**, v. 6, n. 11, p. 1720-1731, 2011.
- RASHMI, M., KUSHVEER, J. S.; SARMA, V. V. Uma lista mundial de fungos endofíticos com notas sobre ecologia e diversidade. **Micosfera**, v. 10, n. 1, p. 798-1079, 2019.
- RODRIGUES, E.; DUARTE-ALMEIDA, J. M.; PIRES, J. M. Perfil farmacológico e fitoquímico de plantas indicadas pelos caboclos do Parque Nacional do Jaú (AM) como potenciais analgésicas. Parte I. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 6, p. 981-991, 2010.
- RODRIGUES, Katiane. **Identificação, produção de antimicrobianos e complexos enzimáticos de isolados de Actinomicetos**. 2006. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola e do Ambiente) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.
- RODRIGUES, R. A. et al. Atividade antibacteriana de fungos endofíticos da planta medicinal *Uncaria tomentosa* (Willd.) DC. **Revista de Pesquisa de Plantas Mediciniais**, v. 12, n. 15, p. 179-185, 2018.
- ROGOWSKA, J. et al. Micropollutants in treated wastewater. **Ambio**, v. 49, p. 487–503, 2020.
- RUIZ, B. et al. Produção de metabólitos secundários microbianos: regulação pela fonte de carbono. **Revista de Microbiologia**, v. 36, p. 146-167, 2010.
- RYAN, R. P. et al. Bacterial endophytes: recent developments and applications. **FEMS Microbiology Letters**, v. 278, p. 1–9, 2008.
- SAADAUN, I.; GHARAIBEH, R. The Streptomyces flora of region of Jordan and its potential as a source of antibiotics active Against antibiotic-resistant bacteria. **Journal of Arid Environments**, v. 53, p. 365-371, 2003.
- SELIM, K. A. et al. Biodiversity and antimicrobial activity of endophytes associated with Egyptian medicinal plants. **Mycosphere**, v. 2, n. 6, p. 669-67, 2011.
- SHARMA, K. L. et al. Longterm soil management effects on crop yields and soil quality in a dryland Alfisol. **Soil & Tillage Research**, v.83, p.246-259, 2005.
- SHARMA, P.; KUMAR, S. Bioremediation of heavy metals from industrial effluents by endophytes and their metabolic activity: recent advances. **Bioresource Technology**, v. 339, 2021.
- SILVA, Leonardo José da. **Actinobactérias da Antártica produtoras de compostos anticâncer**. 2018. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.
- MOTA, A. G. et al. Bioprospecção de Actinomicetos de interesse biotecnológico. In: SILVA, M. R. C.; SILVA, D. F.; SILVA, F. B. (Orgs.). **Indicadores de qualidade ambiental: uma perspectiva a partir da zona de transição Amazônia-Cerrado**. São Luís: Editora Pascal, v. 1, p. 38-50, 2022.
- SINGH, M. et al. Bactérias endofíticas: uma nova fonte de compostos bioativos. **Biotecnologia**, v. 7, n. 5, p. 315, 2017.
- SOARES, Erika Cristina de Lima. 2011. **Isolamento de endofíticos *Eugenia uniflora* L. (Pitanga) e avaliação da bioatividade**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmaceuticas) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.
- SOUSA, K. A. de. et al. Estudo do potencial de fungos endofíticos no controle do agente causal da fusariose em tomateiro. **Agroecosistemas**, v. 5, n. 1, p. 50-55, 2013.
- SOUZA, A. Q. L. et al. Atividade antimicrobiana de fungos endofíticos isolados de plantas tóxicas da Amazônia: *Palicourea longiflora* (Aubl.) Rich e *Strychnos cogens* Benthham. **Acta Amazônica**, v. 34, n. 2, p. 185 – 195, 2004.

- SPECIAN, V. et al. Metabólitos Secundários de interesse farmacêutico produzidos por fungos endofíticos. **UNOPAR Científica Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 16, n. 4, p. 345-351, 2014.
- STIERLE, A. et al. Taxol and taxane production by taxomyces andreanae, an endophytic fungus of pacific yew. **Science**, v. 260, p. 214-216, 1993.
- STROBEL, G. A.; DAISY, B. Bioprospecting for microbial endophytes and their natural products. **Microbiology and Molecular Biology Research**, v. 67, p. 491-502, 2003.
- TAKEFUMI, H. et al. Isolation of novel bacteria and actinomycetes using soil-extract agar medium. **Journal Bioscience Bioengineer**, v. 99, n. 5, p. 485-492, 2005.
- TEDESCO, K. L.; RYBAK, M. J. Daptomycin. **Pharmacotherapy**, v. 24, n. 1, p. 41-57, 2004.
- THEODORO, Paulo Itagino Lopes. **Análise da produção de metabólitos secundários por fungos endofíticos da Aloe vera**. 2022. Monografia (Graduação em Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos) – Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2022.
- TIWARI, S.; LATA, C. Estresse de metais pesados, sinalização e tolerância devido a micróbios associados a plantas: uma visão geral. **Fronteiras na Ciência das Plantas**, v. 9, n. 452, 2018.
- TREVISAN, M.; SEIBERT, C. S.; SANTOS, M. G. O emprego da medicina tradicional no sus e nos acidentes ofídicos em uma cidade da Amazônia Legal. **Revista Desafios**, v. 8, n. 2, 2021.
- TUNG MUNNITHUM, D. et al. Flavonoids and other phenolic compounds from medicinal plants for pharmaceutical and medical aspects: an overview. **Medicines**, v. 5, n. 93, 2018.
- VEIGA, M.; ESPARIS, A.; FABREGAS, J. Isolation of cellulolytic actinomycetes from marine sediments. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 46, n. 1, p. 286-287, 1983.
- VENTURA, M. et al. Genomic of actinobacteria: tracing the evolutionary history of ancient phylum. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, v. 71, n. 3, p. 495-548, 2007.
- VIANA, C. A. dos S. et al. **Plantas da Amazônia: 450 espécies de uso geral**. RIOS, M. N. S.; PASTORE JUNIOR, F. (Orgs.). Brasília: Universidade de Brasília, Biblioteca Central, 2011.
- VIGAL, T. et al. Cloning characterization and expression of the alpha amylase gene from Streptomyces griseus IMRU 3570. **Molecular General Genetic**, v. 225, n. 278-288, 1991.
- VOLKSCH, B.; ULLRICH, M.; FRITSCH, W. Identification and population dynamics of bacteria in leaf spots of soybean. **Microbial Ecology**, v. 24, p. 305-311, 1992.
- WANG, Y.; FREI, M. Alimentos estressados O impacto dos estresses ambientais abióticos na qualidade da colheita. **Agrícola, Ecossistema e Ambiente**, v. 141, n. 271-286, 2011.
- WANI, S. H.; SANDHU, J. S.; GOSAL, S. S. Engenharia genética de plantas cultivadas para tolerância ao estresse abiótico. In: MALIK, C. P.; KAUR, B.; WADHWANI, C. (Eds.). **Tópicos Avançados em Biotecnologia Vegetal e Biologia Vegetal**, p. 149-183, 2008.
- WANI, Z. A. et al. Simbiose planta-endófito, uma perspectiva ecológica. **Aplicações em Microbiologia e Biotecnologia**, v. 99, p. 2955-2965, 2015.
- WHO. World Health Organization. **WHO monographs on selected medicinal plants**, v. 2, 2002.
- XIN, C. T. et al. Arbuscular mycorrhizal colonization and phosphorus acquisition of plants: effects of coexisting plant species. **Applied Soil Ecology**, v. 28, p. 259-269, 2005.
- YAZDIL, M. T. et al. Cellulase production by Neurospora crassa: purification and characterization cellulolytic enzymes. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 12, p. 120-123, 2000.
- ZAITLIN, B. K. et al. Effects of tillage and inorganic fertilizers on culturable soil actinomycetes communities and inhibition of fungi by specific actinomycetes. **Applied Soil Ecology**, v. 26, p. 53-62, 2004.
- ZANARDI, L. et al. Sesquiterpenos produzidos pelo fungo endofítico Phomopsis cassia com atividade antifúngica e inibidora de acetilcolinesterase. **Química Nova**, v. 35, n. 11, p. 2233-2236, 2012.

12

SAÚDE DA GESTANTE E POSIÇÃO CORPORAL NO AMBIENTE *PREGNANTWOMEN'S HEALTH AND BODY POSITION IN THE ENVIRONMENT*

Glicyelle Simões Sousa¹

Brígida Rodrigues da Costa²

Émilly Rauani Chaves Gomes Diniz³

Maria Luiza da Silva Marques⁴

Alexsandro Ferreira dos Santos⁵

Flor de Maria Araujo Mendonça Silva⁶

José Haroldo Bandeira Sousa⁷

Janaina Maiana Abreu Barbosa⁶

Adriana Sousa Rêgo⁶

-
- 1 Fisioterapia, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 2 Mestre em Meio Ambiente, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 3 Mestranda em Meio Ambiente, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 4 Medicina, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 5 Doutor em Ciências da Saúde, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 6 Doutora em Saúde Coletiva, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 7 Doutor em Lingüística Universidade Estadual do Maranhão, São Luís-MA

Resumo

Introdução: Na gestação acontece uma sequência de mudanças no qual ocorrem alterações físicas com o intuito de adaptar a mulher à sua nova condição. Sendo assim, a porcentagem de mulheres grávidas que já experimentaram dor na região da coluna lombar é aproximadamente 50% e se intensifica a partir do 3º trimestre gestacional, podendo aparecer ou intensificar em certas posições. Objetivo: Investigar possíveis movimentos e posições que possam desencadear a dor lombar. Materiais e métodos: Trata-se de um estudo transversal analítico, realizado em um ambulatório público na cidade São Luís-MA. A amostra foi composta por 65 gestantes no terceiro trimestre gestacional com idade entre de 18 a 30 anos. Para a coleta de dados foram aplicados dois questionários, um sociodemográficos e outro clínico, o de Oswestry para investigar interferência da lombalgia nas atividades diárias e a escala visual analógica de dor para medir a intensidade da dor. Resultados: A prevalência de lombalgia foi de 86% das gestantes avaliadas e tinham idade média de 25,25 ($\pm 6,24$) anos. Das 56 que tinham lombalgia, o movimento agachar-se aparece com maior índice de dor com 59 %, já a posição de ficar em pé aparece com 39% com maior relato de dor, quanto a intensidade da dor e a incapacidade gerada pela lombalgia, a maioria relatou nível moderado com 66%. Conclusão: A maioria das gestantes sentem dor lombar e aumenta com o movimento de agachar e posição de ficar de pé, contudo o quadro algico não as deixa incapazes de realizar as atividades da vida diária.

Palavras-chave: gestantes; prevalência; lombalgia.

Abstract

Introduction: In pregnancy there is a sequence of changes in which physical changes occur in order to adapt the woman to her new condition. Thus, the percentage of pregnant women who have experienced pain in the lumbar spine region is approximately 50% and intensifies from the third trimester of gestation, and may appear or intensify in certain positions. Objective: To investigate possible movements and positions that can trigger lumbar pain. Materials and methods: This is a cross-sectional, analytical study carried out in a public outpatient clinic in the city of São Luís-MA. The sample consisted of 65 pregnant women in the third gestational trimester, aged between 18 and 30 years. For data collection, two questionnaires, one sociodemographic and clinical, were used to investigate the interference of low back pain in daily activities and the visual analog pain scale to measure pain intensity. Results: The prevalence of low back pain was 86% of the pregnant women evaluated and had a mean age of 25.25 (± 6.24) years. Of the 56 patients who had low back pain, the crouching movement appears with a higher pain index at 59%, while the standing position appears with 39% with a greater pain report, as the intensity of pain and the incapacity generated by low back pain, the majority reported moderate level with 66%. Conclusion: Most pregnant women feel low back pain and increases with the crouching movement and standing position, yet the painful picture does not leave them unable to perform the activities of daily living.

Keywords: pregnant women; prevalence; low back pain



1. INTRODUÇÃO

Na gestação, acontece uma sequência de mudanças no qual ocorrem alterações físicas e emocionais, com o intuito de adaptar a mulher à sua nova condição de gestante (KISNER; COLBY, 2005).

Em uma análise biomecânica, há o aumento do abdome e das mamas fazendo com que o centro de gravidade se desloque anteriormente, resultando em alterações de postura, como redução do arco plantar, hiperextensão dos joelhos e ântroversão da pelve. Essas alterações geram tensão dos músculos localizados nas regiões laterais da coluna vertebral por conta da acentuação na lordose lombar. Acontece também compressão dos grandes vasos pelo útero gravídico causando diminuição do fluxo sanguíneo medular e pode desencadear lombalgia, especialmente no último semestre gestacional (CARVALHO *et al.*, 2017). Ainda há a liberação de hormônios, como estrógeno e relaxina, que geram um crescente afrouxamento ligamentar, causando um processo doloroso (MENS *et al.*, 2002).

A porcentagem de mulheres grávidas que experimentam algum tipo de dor, na maioria das vezes na coluna lombar, chega a, aproximadamente, 50% (CORTEZ *et al.*, 2012) e se intensifica a partir do 3º trimestre do período gestacional (MANN *et al.*, 2018) apresentando frequência mais elevada quando a mulher relata essa queixa antes da gestação, sendo possível perdurar depois do parto (MADEIRA *et al.*, 2013).

A dor lombar é geralmente definida como desconforto axial ou parassagital na região lombar inferior, é essencialmente musculoesquelética e pode ser devida a uma combinação de fatores mecânicos, circulatórios, hormonais e psicossociais (SABINO; GRAUER, 2008). No entanto, Carvalho *et al.* (2017) relatam que não é bem definida a origem da dor lombar durante o período gestacional.

Segundo um estudo desenvolvido na capital maranhense com 269 gestantes por Madeira *et al.* (2013) a prevalência de mulheres grávidas com dor lombar foi de 73% onde notou-se que os resultados são semelhantes aos de outros estudos, incluindo os realizados no Brasil que evidenciaram uma prevalência em torno de 48 a 83%.

Com base nessa problemática, um estudo feito por Morino *et al.* (2017) foi revelado que movimentos específicos como se levantando de uma cadeira, jogando e girando o corpo, deitado e sentado por exemplo estavam relacionados com o intensificação significativa da dor. Sendo assim, o mesmo estudo concluiu que mulheres grávidas relatam dificuldades em movimentos que envolvam atividades da vida diária (AVD's) devido à lombalgia e que movimentos específicos que exijam esforços extras são geralmente considerados como fatores desencadeantes do quadro de lombalgia.

Visto isso, a dor lombar e sintomas associados podem ser constantes ou podem aparecer em certas posições, onde cerca de 10% das mulheres relatam que a isso as impede de trabalhar e aproximadamente 80% afirmam afetar sua rotina diária, inclusive no trabalho doméstico, criação dos filhos e desempenho no emprego (SABINO, GRAUER, 2008).

Diante desse contexto, hipotetizamos que movimentos e posições podem desencadear dor lombar em gestantes no terceiro trimestre. Dessa forma está pesquisa teve como objetivo investigar possíveis movimentos ou posições que podem desencadeiam a dor lombar em gestantes durante o terceiro trimestre gestacional.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Desenho do Estudo

Estudo quantitativo, descritivo, transversal analítico.

2.1.1 Cenário e Participantes do Estudo

O presente estudo foi realizado no Ambulatório de atendimento público, localizada na cidade de São Luís- MA, entre os meses de março a outubro do ano de 2018. As participantes da pesquisa foram 65 mulheres no 3º trimestre de gestação, em que os critérios de inclusão foram apresentassem dor lombar, idade entre 18 a 30 anos, estarem no terceiro trimestre de gestação e aceitassem participar na pesquisa. Os critérios de exclusão foram gravidez de risco, problemas ortopédicos, doenças neurológicas ou níveis cognitivos afetados que não permitissem responder os questionários.

2.2 Procedimentos de Coleta de Dados

As gestantes que estavam aguardando a consulta do pré-natal nas dependências da Maternidade Maria do Amparo, eram esclarecidas sobre a finalidade do estudo e convidadas a participar. Quando positiva a resposta, assinavam um termo de consentimento livre e esclarecido aprovado com parecer n 2.469.204.

Após esse processo, a primeira parte da pesquisa aplicou-se uma ficha de avaliação contendo dados sociodemográficos e clínicos com questões relacionadas a dados particulares das gestantes, como idade, peso, altura e profissão, informações relacionadas à gestação e a presença ou não de lombalgia. As gestantes que relataram dor lombar durante a gestação foram solicitadas para realizar cinco movimentos e cinco posições que pudessem ser relatados o aparecimento do quadro algico. Posteriormente utilizou-se o questionário de Índice de Incapacidade Oswestry (Oswestry Disability Index – ODI), e a Escala numérica de dor.

O Questionário de Incapacidade de Oswestry é uma ferramenta utilizada para investigar a presença de lombalgia e a interferência desta sobre as atividades diárias. Teve a primeira versão com publicação em 1980 (FAIRBANK *et al.*, 1980), e sofreu modificação em 1989 (FAIRBANK; PYNSENT, 2000). E em 2007 foi realizado a versão brasileira (VIGATTO; ALEXANDRE; CORREA, 2007). A escala consiste em dez sessões de perguntas com seis alternativas cada, cujo escore varia de 0 a 5 pontos. Ao final o escore total é dividido pelo número de questões respondidas multiplicadas pelo número 5 e seu resultado multiplicado pelo número 100 e os valores finais são apresentados em porcentagem, $([\text{escore} \div (\text{n}^\circ \text{ questões respondidas} \times 5)] \times 100)$. Por fim, é classificado em incapacidade mínima (0 – 20%), incapacidade moderada (21- 40%), incapacidade severa (41 – 60%), paciente que se apresenta inválido (61 – 80%), e indivíduo restrito ao leito (81 – 100%) (ROLAND; FAIRBANK, 2000). O tempo necessário para aplicação é de aproximadamente 10 minutos (COELHO *et al.*, 2008).

Para classificar a intensidade da dor, utilizou-se a EVA de dor, que gradua a intensidade da dor em intervalos de zero (0) a dez (10), em que 1 a 3 é considerado dor leve; 4 a 6 dor moderada; e 7 a 10 correspondia a dor grave (LECLAIRE *et al.*, 1996).



2.3 Análise dos dados

A análise estatística será executada no software STATA 14.0 (Stata Corp College Station, Texas, EUA) que realizará o delineamento complexo de amostragem considerando os comandos `svy`. As variáveis qualitativas serão apresentadas por meio de frequências absolutas e percentuais e medidas de síntese numérica de variáveis selecionadas segundo as regiões maranhenses selecionadas. As variáveis quantitativas estão descritas por média e desvio padrão (média \pm DP). Foi realizada regressão logística para investigar a associação dos movimentos e posições corporais e a dor lombar. As variáveis dependentes foram: decúbito dorsal, decúbito lateral, sentada, ficar de pé, girar/rodar, agachar, flexão de tronco/quadril, pegar objeto alto e a variável desfecho foi dor lombar sim ou não.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram avaliadas 65 gestantes no terceiro trimestre, com idade média de 25,25 ($\pm 6,24$) anos com peso 66,16 ($\pm 10,64$) kg e altura 1,58 ($\pm 0,11$), com prevalência de dor na região lombar de 86% (56). De acordo com os critérios de inclusão foram avaliadas as gestantes que apresentavam dor lombar. Dentre os antecedentes gestacionais destas, a média de gestações foi de 1,7 ($\pm 0,90$). 39 (75%) das gestantes já tiveram outras gravidezes, o parto cesáreo corresponde a 47% (16) e de partos normais 53% (18).

Das 56 gestantes com lombalgia, 68% (38) desenvolviam alguma ocupação e destas 21% (12) durante a atividade laboral permaneciam na posição em pé, 23% (13) sentada e 23% (13) alternavam entre sentada e em pé com média de horas trabalhadas de 7,50 ($\pm 2,69$) por dia. Em relação ao início da dor 86% (47) das gestantes relataram que a dor surgiu com a gravidez.

Houve cinco tipos de movimentos que induziram o aparecimento da dor lombar, no entanto, o movimento de agachar-se aparece com maior índice 59% (33), já em relação às cinco posições com relato de dor a de ficar em pé aparece com 39% (24), como demonstrado na tabela 1. Houve associação significativa entre a posição sentada ($p=0,038$) e a dor lombar.

Variáveis	N	%
Posição	19	32%
Decúbito lateral	15	29%
Sentada	21	38%
De pé	24	39%
Outros	01	2%
Movimentos realizados		
Girar/Rodar	10	21%
Agachar	33	59%
Flexionar o tronco/quadril	20	39%
Pegar objeto no alto	13	23%
Outros	01	02%

Tabela 1. Variáveis relacionadas à dor lombar em gestantes no terceiro trimestre gestacional, São Luís – MA. (n= 56). Fonte: Autores (2023).

No que se refere à intensidade verificada na Escala analógica de dor (EVA) a dor moderada aparece com maior relato tendo um percentual de 55% (31) seguida de 23% (13)

com intensidade grave. Em relação à interferência da lombalgia nas atividades diárias, o nível de incapacidade verificado pelo questionário Oswestry, a incapacidade moderada apresenta o maior índice com 50% (28), seguido de incapacidade mínima com 45% (25), como mostrado na tabela 2.

Variáveis	N	%
Escala Numérica de dor		
Leve	12	21
Moderada	31	55
Grave	13	23%
Oswestry		
Incapacidade	25	45%
Incapacidade moderada	28	50%
Incapacidade severa	03	05%
Aleijado	00	00%
Inválido	00	00%

Tabela 2. Escala Visual Analógica e Questionário Oswestry em gestantes no terceiro trimestre, São Luís – MA, (n= 56). Fonte: Autores (2023).

De acordo com Santos e Gallo (2010) a dor lombar é uma queixa clínica comum na população geral e é considerado um sintoma frequente e habitual entre gestantes, principalmente nos últimos meses. Durante esse período, a maioria das gestantes refere dor na coluna vertebral, especialmente na região lombar. Nesse sentido, O presente estudo obteve uma prevalência de 86% de dor lombar entre todas as gestantes avaliadas. No entanto, Carvalho *et al.* (2017) que avaliou 97 gestantes aponta prevalência de 68% com quadro de dor lombar. Essa desigualdade entre os valores apresentados pode estar relacionada ao tipo da amostra, uma vez que estes autores avaliaram grávidas em todos os trimestres e o presente estudo somente mulheres compreendidas no terceiro trimestre gestacional. Contudo, nota-se que a dor lombar é uma problemática e afeta a maioria das mulheres grávidas (CLOSE *et al.*, 2016).

A média de idade das gestantes com dor lombar foi de 25,25(±6,24). Estudo de Santos *et al.* (2017) relata que a lombalgia gestacional apresenta-se em mulheres mais jovens, possivelmente por apresentarem maior sensibilidade induzidas pelos hormônios relaxina e estrogênios. No entanto, um estudo realizado com 120 gestantes observou que o aumento da idade desencadeia maior prevalência de lombalgia (NAKAWATASE; ALVES; FILONI, 2015).

Mais da metade das gestantes relataram que a dor lombar surgiu com a gestação. Entretanto, no estudo realizado com 21 gestantes foi evidenciado que 71,43% já apresentavam esta queixa antes mesmo do período gestacional (LIMA *et al.*, 2011). Isso pode ser justificado pelo fato de que nem toda lombalgia no período de gestação tem como causa a própria gestação (YOUNG; JEWELL, 2001)

A hipótese deste estudo foi confirmada, uma vez que, houve associação com a posição sentada e dor lombar e as outras não. Porém, a posição ficar em pé e o movimento agachar-se aparecem nos relatos das gestantes como desencadeantes de dor lombar em gestantes no terceiro trimestre. Os achados desta pesquisa são semelhantes com os encontrado por Carvalho *et al.* (2017) que avaliaram 97 grávidas do primeiro ao terceiro trimestre e encontrou a posição ortostática por longo tempo como fator de agravo da dor lombar. Embora nesse estudo não foi avaliado o tempo de permanência na posição de ficar em pé. Contudo, outro estudo que avaliou 275 mulheres obteve o movimento

sentando-se como maior atividade desencadeante da dor lombar entre grávidas com 30 semanas de gestação (MORINO *et al.*, 2017). Acreditamos que essa divergência entre os resultados pode estar relacionada à diferença de etnias, variáveis de coleta e até do tamanho amostral.

Neste estudo, a intensidade da dor referida ao movimento variou entre moderada a grave. Entretanto, segundo outro estudo que avaliou a intensidade da dor lombar com 120 mulheres no terceiro trimestre, sendo 40 gestantes no 7º mês, 40 gestantes no 8º e 40 gestantes no 9º mês evidenciou que a dor variou entre “pouca dor” e “dor razoável” permanecendo com a mesma intensidade nos meses posteriores (NAKAWATASE; ALVES; FILONI, 2014). Segundo o estudo esse quadro pode estar relacionado ao fato de que o útero da mulher vai aumentando, ocorrendo picos de dores devido à sobrecarga na coluna lombar. O que corrobora com a pesquisa em questão, embora não tenha sido perguntado a intensidade da dor nos trimestres anteriores.

Quanto à avaliação do nível de incapacidade causada pela dor lombar utilizando o questionário de Oswestry, o estudo em questão observou entre as gestantes um índice de incapacidade mínimo e moderado. Porém, em um estudo desenvolvido por Santos *et al.* (2018) com 50 gestantes no terceiro trimestre no qual foi dividido em dois grupos, um de primíparas e outro de múltíparas com 25 gestantes em cada grupo, observaram que a maior parte do grupo de primíparas a incapacidade foi intensa para realizar as atividades da vida diária, já as múltíparas apresentaram dor incapacitante sendo considerada aleijada. Essa diferença pode estar relacionada à questão da separação de grupos que nosso estudo não condiz.

Esta pesquisa apresenta algumas limitações. Dentre elas, apontamos o tamanho amostral, em razão à dificuldade de conceder autorização para realizar as avaliações em outras instituições. Contudo, a literatura apresenta escassez de estudos relacionados a posturas e movimentos relacionados à lombalgia em gestantes, fato que torna esta pesquisa válida e colaborativa para esse grupo de mulheres e profissionais da saúde. Entretanto nota-se a necessidade de mais estudos deste tema a fim de reforçar o estudo em questão.

4. CONCLUSÃO

Diante dos resultados conclui-se que houve associação entre a posição sentada e a incapacidade funcional das A.V.Ds das gestantes. A maioria das gestantes apresentaram intensidade de dor leve a moderada. Contudo, o quadro algíco não as deixa incapazes de realizar as atividades da vida diária (AVD's), permanecendo de leve a moderada.

Dessa forma, podem-se fazer recomendações para gestantes sobre os movimentos físicos básicos, como formas de levantar ou sentar que reduzem a carga sobre o corpo tornando o período gravídico menos doloroso.

Referências

- CARVALHO, M. E. C. C.; LIMA, L.C.; TERCEIROA, C. A. L., *et al.* Lombalgia na gestação. **Rev. Bras. Anestesiol.** v. 67, n. 3, p. 266-270. maio, 2017.
- CLOSE, C.; SINCLAIR, M.; LIDDLE, D., *et al.* Women's experience of low back and/or pelvic pain (LBPP) during pregnancy. **Midwifery.** v. 37, p. 1-8, june, 2016.
- COELHO, R. A.; SIQUEIRA, F. B; FERREIRA, P. H., *et al.* Responsiveness of the brazilian-portuguese version of the oswestry disability index in subjects with low back pain. **Eur Spine J.** v. 17, n. 8, p. 1101-1106, ago, 2008.
- CORTEZ, P. J. O.; FRANCO, T. A. S.; SENE, T. M., *et al.* Correlação entre a dor lombar e as alterações posturais em

gestantes. **ABCS**; v. 37, n. 1, p. 30-35, 2012.

FAIRBANK, J. C.; COUPER, J.; DAVIES J. B., et al. The oswestry low back pain disability questionnaire. **Physiotherapy**; p. 271-3. 1980.

FAIRBANK, J. C.; PYNSENT, P. B. The oswestry disability index. **Spine**. p 2940-5, 2000.

KISNER, C.; COLBY, L.A. **Exercícios Terapêuticos - Fundamentos e Técnicas**. 4ª ed. Barueri: Manole, 2005. p. 841.

LECLAIRE, R.; ESDAILE, J. M.; SUISSA, S., et al. Back school in a first episode of compensated acute low back pain: a clinical trial to assess efficacy and prevent relapse. **Arch Phys Med Rehabil**. v. 77, n. 7, p. 673-9, 1996.

LIMA, A. S.; GOMES, M. R. A.; ARAÚJO, R.C., et al. Análise da postura e frequência de lombalgia em gestantes: estudo piloto. **J Health Sci Inst**. v. 29, n.4, p. 290-3, 2011.

MADEIRA, H. G. R.; GARCIA, J. B. S; LIMA, LIMA, M. V. V., et al. **Incapacidade e fatores associados à lombalgia durante a gravidez**. Serviço de Obstetrícia e Ginecologia do Hospital Universitário da Universidade Federal do Maranhão, 2013.

MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.M. **Fundamento de metodologia científica**. 5ª Ed. São Paulo, 2005. p. 69-78.

MANN, L.; KLEINPAUL, J. F.; TEIXEIRA, C. S.; MOTA, C. B. A marcha humana: investigação com diferentes faixas etárias e patologias. **Motriz**. v. 14, n. 3, p. 346-353, 2008.

MENS J. M. A.; VLEEMING A.; VRIES H. J., et al. Possible role of the long dorsal sacroiliac ligament in women with peripartum pelvic pain. **Acta Obstetricia et Gynecologica**. v. 81, p. 430-6, 2002.

MORINO, S.; ISHIHARA, M.; UMEZAKI, F., et al. Low back pain and causative movements in pregnancy: a prospective cohort study. **BMC Musculoskelet Disord**, 2017.

NAKAWATASE, D; ALVES, V. L. S; FILONI, E. Prevalência de dor lombar e qualidade de vida no terceiro trimestre de gestação. **R Bras Qual Vida**. v. 7, n. 2, p. 89-102, 2014.

ROLAND, M.; FAIRBANK, J. The roland-morris disability questionnaire and the oswestry disability questionnaire. **Spine**. p. 3115-24, 2000.

SANTOS, M. M.; GALLO, A. P. Lombalgia gestacional: prevalência e características de um programa pré-natal. **Arq Bras Ciên Saúde**, v. 35, n. 3, p. 174-9, 2010.

SANTOS, P. J.; SILVA, L. S.; BARBOSA, G. R., et al. Impacto da lombalgia nas atividades de vida diária e na qualidade de vida de gestantes. **Ciência & saúde**. v. 10, n. 3, p. 170-177, 2017.

SANTOS, D. H.; CUNHA, C. M. P.; LOBO, R. F., et al. Estudo comparativo da influência da lombalgia nas atividades de vida diária entre primigestas e múltiparas. **Fisioter Bras**. v. 19, n. 2, p. 171-6, 2018.

SABINO, J.; GRAUER, J. N. Pregnancy and low back pain. **Reviews In Musculoskeletal Medicine**. v. 1, n. 2, p.137-141, 2008.

VIGATTO, R.; ALEXANDRE, N. M. C.; Heleno R., et al. Development of a brazilian portuguese version of the oswestry disability index. **Spine**. v. 32, n. 4, p. 481-486, fev, 2007.

YOUNG, G.; JEWELL, D. Interventions for preventing and treating backage in pregnancy. **Cochrane Review**. p. 139, 2001.



13

PERCEPÇÃO AMBIENTAL SOBRE O SANEAMENTO BÁSICO E AS DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA EM BURITICUPU, PRÉ-AMAZÔNIA MARANHENSE

ENVIRONMENTAL PERCEPTION ABOUT BASIC SANITATION AND WATERBORNE DISEASES IN BURITICUPU, MARANHENSE PRE-AMAZON

Barbara Cordeiro Silva¹

Milena Mária Silva Assunção²

Flavia Melyssa Da Silva Rabelo¹

Maria Raimunda Chagas Silva³

Chrystian Braga Carvalho⁴

Érika Luana Lima Durans⁵

Ronald da Silva de Jesus⁶

Eduardo Henrique Costa Rodrigues⁷

-
- 1 Engenheira Ambiental, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 2 Oceanógrafa, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 3 Doutora em Química Analítica, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 4 Mestrado em Meio Ambiente, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 5 Mestre em Meio Ambiente, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 6 Mestrando em Meio Ambiente, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 7 Doutor em Ciências Ambientais, Universidade Ceuma, São Luís-MA

Resumo

Dado que a saúde e o meio ambiente são assuntos de grande importância, estamos pesquisando a Percepção ambiental sobre saneamento básico e doenças transmitidas pela água, a fim de analisar o conhecimento da população de Buriticupu sobre questões ambientais e sua relação com doenças transmitidas pela água. Para isso, é necessário analisar o perfil socioeconômico, condições de moradia e percepção sobre meio ambiente e saúde dos moradores. Estamos conduzindo uma pesquisa por meio de um questionário presencial e online com 120 pessoas em cinco bairros do município de Buriticupu. Observamos que a maioria dos entrevistados é do sexo feminino, possui ensino médio completo, com renda variando entre 1.001,00 e 1.200,00. Eles utilizam água de poço artesiano e estão preocupados com questões ambientais, tendo algum entendimento sobre os danos que o descarte inadequado de resíduos pode causar. No entanto, os dados também revelam uma quantidade significativa de pessoas com baixo nível de escolaridade, sem compreensão dos danos ambientais, que consomem água sem qualquer método de filtragem antes de beber. Isso os expõe a algumas doenças transmitidas pela água, sendo as mais mencionadas: verminoses, Chikungunya, Dengue e Hepatite A. Isso nos leva à conclusão de que a Educação Ambiental ainda não conseguiu alcançar a todos, principalmente aqueles que têm renda mais baixa e baixo nível de escolaridade.

Palavras-chave: Poluição hídrica, Saúde Ambiental, Educação Ambiental.

Abstract

Given that health and the environment are important topics, we are researching Environmental Awareness regarding basic sanitation and waterborne diseases in order to analyze the population of Buriticupu's knowledge of environmental issues and their relationship with waterborne diseases. To do this, it is necessary to analyze the socioeconomic profile, housing conditions, and residents' perceptions of the environment and health. We are conducting a survey through both in-person and online questionnaires with 120 individuals in five neighborhoods in the municipality of Buriticupu. We have observed that the majority of respondents are female, have completed high school, with incomes ranging between 1,001.00 and 1,200.00. They use water from artesian wells and are concerned about environmental issues, with some understanding of the damage that improper waste disposal can cause. However, the data also reveal a significant number of people with low levels of education, lacking an understanding of environmental harm, who consume water without any filtration method before drinking. This exposes them to some waterborne diseases, with the most frequently mentioned being helminthiasis, Chikungunya, Dengue, and Hepatitis A. This leads us to the conclusion that Environmental Education has not yet reached everyone, especially those with lower incomes and lower levels of education.

Keywords: Water Pollution, Environmental Health, Environmental Education.



1. INTRODUÇÃO

As questões de saúde e ambiente tem, ao longo dos anos, alçado status como temática estratégica em estudos ambientais no Brasil, ainda mais em tempos de pandemia de COVID-19 (ASSUNÇÃO *et al.*, 2022). Diversos trabalhos (DE SENA COUTO, 2022; BASSO *et al.*, 2021; DIAS *et al.*, 2018; PERES; MOREIRA, 2007; RIBEIRO, 2004) têm apontado uma forte relação entre estas áreas, o que torna este tema cada vez mais relevante e atual, apesar disso, segundo (SOUZA; ANDRADE, 2014) o Brasil, mesmo avançando ao longo dos anos com grandes conquistas da sociedade, sobretudo, no setor Saúde, com a criação do SUS, ainda enfrenta problemas básicos de estruturação, efetividade e acesso a serviços e equipamentos públicos básicos, como educação, infraestrutura e saneamento básico.

O grande número de fatores ambientais que podem afetar a saúde humana é um indicativo da complexidade das interações existentes e da amplitude de ações necessárias para melhorar os fatores ambientais determinantes da saúde (RIBEIRO, 2004). Contudo, as emergências das questões ambientais se tornaram parte da temática mundial quando foi possível perceber que o estilo de vida predatório adotado por diversas sociedades ao redor do mundo ampliava os impactos negativos sobre o meio ambiente e contribuía para a diminuição da qualidade de vida da população (DA CRUZ *et al.*, 2016). Observando o cenário, percebe-se que não existiam estudos relacionados a área ambiental, dificultando o entendimento das pessoas em relação ao tema. Segundo Da Cruz (2016) a partir da década de 50 começaram a ocorrer os primeiros eventos e movimentos que anunciaram uma preocupação com o meio ambiente. O autor também informa que a maioria dos autores admite como o marco do desenvolvimento da sensibilização ambiental, os anos 60, que em seus primeiros anos, contou com o lançamento do aclamado livro “Primavera Silenciosa”, da jornalista americana Rachel Carson. O livro explica como o uso impróprio de pesticidas nos Estados Unidos afetou os processos celulares das plantas, reduzindo as populações de pequenos animais e colocando em risco a saúde humana (BONZI, 2013).

Logo após, ocorreram vários acontecimentos para a evolução das questões ambientais, porém, isto não significa que tenham desaparecido as preocupações. Assim, a Organização das Nações Unidas resolveu que havia chegado a hora de uma reação, então em 1972 ocorreu a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo, capital da Suécia (DE PASSOS, 2009). Em 1992, ocorreu a conferência sobre o meio ambiente e desenvolvimento, no Rio de Janeiro, onde consolidou alguns pontos importantes apontados em 1972. A Rio-92 foi um marco onde foi aprovada a Agenda 21, documento que estabelece uma série de orientações para integração, no âmbito mundial, das ações articuladas para o desenvolvimento sustentável visando à saúde humana e à proteção do meio ambiente (TEIXEIRA, 2012).

Segundo definição estabelecida pela Organização Mundial da Saúde - OMS: “Saúde Ambiental é o campo de atuação da saúde pública que se ocupa das formas de vida, das substâncias e das condições em torno do ser humano, que podem exercer alguma influência sobre a sua saúde e o seu bem-estar” (BRASIL-MS, 1999 apud RIBEIRO, 2004). Sendo assim, a saúde ambiental pode ser caracterizada como as relações entre saúde e ambiente.

Água e saneamento está entre os diversos temas relacionados com a saúde ambiental. MENDONÇA; MOTA, 2005 relata que a importância dos serviços de água tratada na saúde das pessoas e no seu bem-estar é vastamente reconhecida, o autor também destaca que parte da população brasileira reside em locais onde as condições de saneamento ainda são precárias, tornando-as suscetíveis a diversas doenças. No Brasil, há uma carência na área

de saneamento e proteção ao meio ambiente, principalmente em bairros e comunidades de baixa renda, bem como falta de políticas públicas sobre soluções para esses problemas (EVARISTO *et al.*, 2017).

O crescimento desordenado e descontrolado associado a ausência de Educação Ambiental (EA) potencializam a contaminação da água, ar e solo, impactando diretamente na saúde da população, sobretudo na saúde das crianças (MALHEIROS, 2005 apud ARANTES; UEHARA, 2021). Nesse cenário, o processo educativo ganha notoriedade, uma vez que contribui para uma maior compreensão das pessoas sobre as causas e efeitos da relação entre saúde e ambiente, além de enfatizar a corresponsabilidade, bem como os direitos e deveres na busca de soluções e alternativas para minimização de seus impactos na saúde (REIGOTA, 2009 apud ARANTES; UEHARA, 2021). DA CUNHA; LEITE (2009) relata que a tomada de consciência é fator fundamental para que se possa iniciar um processo de educação ambiental internalizado em cada indivíduo através da percepção ambiental, e, dando continuidade a esse processo por meio de ações concretas que objetivem uma construção social capaz de reeducar o homem no sentido de se proteger, pois o planeta é capaz de se fazer e refazer na sua capacidade cíclica.

Nesse sentido, a realização de estudos sobre percepção ambiental é uma ferramenta política fundamental, pois ilumina e contextualiza a realidade local e abre oportunidades de planejamento e gestão, prevenindo ou minimizando os conflitos entre as pessoas e o meio ambiente. (GUEDES, *et al.* 2013). A autora Fagionatto (2005) também se refere sobre o estudo da percepção ambiental como uma grande importância para que possamos compreender melhor as inter-relações entre o homem e o ambiente, suas expectativas, satisfações e insatisfações, julgamentos e condutas.

Ao tentar compreender o ser humano como um todo, é fundamental levar em conta a percepção do indivíduo, isso produzirá dados que podem ser usados para modelar a gestão de recursos e o desenvolvimento de políticas públicas práticas, isso porque permitirá a criação de mecanismos que estimularão a população a conhecer melhor o seu entorno (Rodrigues, *et al.* 2019).

Nessa perspectiva, diante da necessidade de se efetivar a relação de saúde e ambiente, além da importância de divulgar informações sobre o meio ambiente e saneamento básico, o objetivo principal do presente artigo é avaliar o conhecimento da população da cidade de Buriticupu, sobre as questões ambientais e sua relação com as doenças de veiculação hídricas.

2. METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

Buriticupu é uma cidade do estado do Maranhão, o município teve sua autonomia política em 10/11/1994, está inserido na Mesorregião do Oeste Maranhense, dentro da microrregião do Pindaré e segundo o IBGE (2021) a população do município tem uma estimativa de 73.595 habitantes, compreendendo uma área de 2.544,857 km². Buriticupu tem as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 4° 20' 34.0" Sul, Longitude: 46° 24' 6.0" Oeste. Limita-se com os municípios Alto Alegre do Pindaré, Bom Jardim, Bom Jesus das Selvas, Amarante do Maranhão e Santa Luzia, com uma distância de 458,9 km até a capital.





Figura 1. Mapa de Localização do Município de Buriticupu

2.1 Procedimentos Metodológicos

Para identificação sobre o conhecimento da população em relação as questões ambientais e doenças de veiculação hídricas, foi utilizado um questionário semiestruturado aplicado de forma presencial e por via internet para a população das seguintes localidades, Bairro do Açude, Centro, Terra Bela, Vila Davi e Vila Primo, entre as datas 19/08/2022 e 07/09/2022. O questionário semiestruturado continha vinte questões divididas em três sessões: Perfil socioeconômico; Condições de moradia; Percepções ambientais e saúde dos moradores.

As informações obtidas foram tabuladas no programa Excel e posteriormente serão analisadas e interpretadas. Quando possível os dados foram tratados seguindo estatística descritiva básica. Para a delimitação da quantidade de pessoas entrevistadas foi utilizado a calculadora amostral, onde foi feito um cálculo em relação a população de 73.595 (IBGE, 2021), margem de erro de 5%, nível de confiança de 90%, distribuição da população mais homogênea 80/20, dando o resultado de uma amostra com 120 indivíduos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente estudo foi realizado em cinco bairros do município de Buriticupu, os locais escolhidos foram Bairro do Açude, Centro, Terra Bela, Vila Davi e Vila Primo. A distribuição percentual dos entrevistados nos referidos locais está disponível na Figura 2.

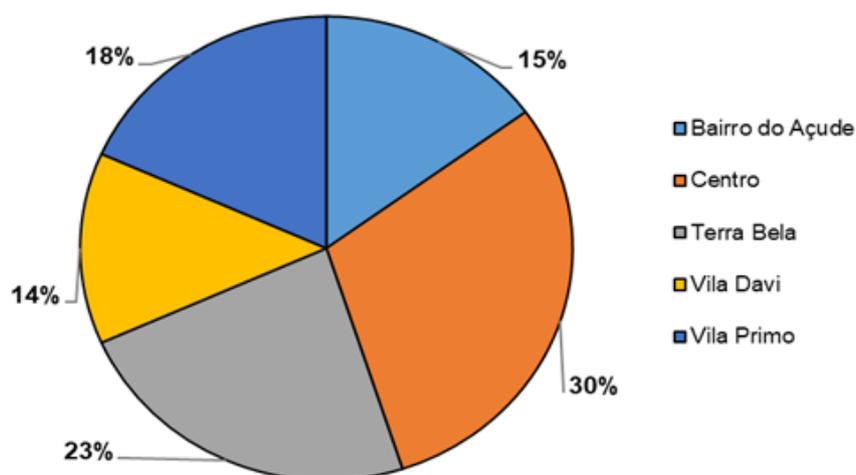


Figura 2. Distribuição percentual dos moradores entrevistados. Fonte: Os autores (2022)

A maioria dos entrevistados é morador do Centro, seguido do bairro Terra Bela, Vila Primo, Bairro do Açude e Vila Davi.

A Tabela 02 apresenta as características socioeconômicas dos indivíduos aqui entrevistados. No total a amostra foi composta por 120 indivíduos, majoritariamente formada por mulheres (67,5%), característica que foi predominante em todos os bairros estudados. Pesquisas apontam que as mulheres têm maior consciência e envolvimento em relação à preservação do meio ambiente (Ecoa, 2019). Câmara *et al.* (2019) ao pesquisar a qualidade de vida e percepção ambiental de moradores da comunidade de Inhaúma na região metropolitana da grande São Luís, Maranhão registrou uma participação maior de mulheres na pesquisa, cerca de 62% dos questionados eram do sexo feminino, dados similares a este trabalho.

A idade variou de 19 a 81 anos, sendo a faixa etária predominantemente de 21 aos 30 anos, compreendendo 33,3% da amostra geral. Os dados apresentados em relação a idade estão semelhantes aos dados notados por Nascimento, *et al.* (2021) onde foi estudado a análise da percepção ambiental na comunidade de Cacimba Funda (CE), registrando que 50% tinham entre 20 e 55 anos e os demais acima de 55 anos.

A escolaridade foi variada, mas com uma distribuição homogênea entre as localidades, apesar de grande parte dos informantes ser alfabetizadas (91,67%), uma parcela considerável não concluiu o ensino fundamental (23,3%), dados que também são similares ao de Nascimento *et al.* (2021) apontando níveis de escolaridade baixo.

As atividades econômicas dos entrevistados foram variadas, contudo uma parte considerável dos informantes se autodeclararam autônomos (54,17%), a renda variou de 300,00 reais a 8.000,00 reais, onde a maioria dos indivíduos tem uma renda mensal variando entre 1001 e 1.200,00 reais.

Parâmetro	Geral	B. Açude	Centro	T. Bela	Vila Davi	Vila Primo
Sexo						
Mulher	67,5%	66,67%	69,44%	82,14%	68,75%	45,45%
Homem	32,5%	33,33%	30,56%	17,86%	31,25%	54,55%
Idade						
< 20	2,5%	5,56%	-	-	9,09%	-
21 a 30	33,3%	22,22%	41,67%	46,43%	25%	18,18%
31 a 40	16,67%	22,22%	19,44%	10,71%	18,75%	13,64%
41 a 50	14,17%	22,22%	13,89%	7,14%	12,5%	18,18%
51 a 60	13,33%	16,67%	5,56%	10,71%	31,25%	13,64%
61 a 70	14,17%	11,11%	11,11%	21,43%	12,5%	13,64%
71 a 80	5,00%	-	5,56%	3,57%	-	13,64%
> 80	0,83%	-	2,78%	-	-	-
Alfabetizado						
Sim	91,67%	88,89%	97,22%	89,29%	100%	81,82%
Não	8,33%	11,11%	2,78%	10,71%		91,67%
Escolaridade						
Fundamental incompleto	24,14%	29,41%	17,65%	21,43%	18,75%	38,10%
Fundamental completo	18,97%	23,53%	11,76%	14,29%	25%	28,57%
Ens. Médio incompleto	1,72%	-	-	7,14%	-	-
Ens. Médio completo	32,76%	29,41%	23,53%	42,86%	43,75%	28,57%
Superior incompleto	12,93%	11,76%	26,47%	10,71%	6,25%	-
Superior completo	9,48%	5,88%	20,59%	3,57%	6,25%	4,76%
Atividade econômica						
Agricultura	1,67%	-	-	-	-	-
Aposentado	19,17%	11,11%	19,44%	25%	12,5%	22,73%
Assalariado	25%	33,33%	33,33%	25%	12,5%	13,64%
Autônomos	54,17%	55,56%	47,22%	50%	75%	54,55%
Renda						
> 1000	15,00%	-	13,89%	17,86%	25,00%	18,18%
1001 a 2000	57,50%	77,78%	38,89%	67,86%	50,00%	63,64%
2001 a 3000	14,17%	16,67%	19,44%	7,14%	18,75%	9,09%
3001 a 4000	4,17%	5,56%	11,11%	0,00%	-	-
4001 a 5000	5,00%	-	8,33%	3,57%	-	9,09%
5001 a 6000	1,67%	-	2,78%	3,57%	-	-
6001 a 7000	0,83%	-	2,78%	-	-	-
7001 a 8000	1,67%	-	2,78%	-	6,25%	0,00%

Tabela 01. Caracterização Socioeconômica dos Informantes. Fonte: Autores (2022).

A Figura 03 a seguir apresentam as características das moradias bem como as condições de saneamento básico de acordo com as informações fornecidas pelos informantes, enfatizando que as áreas do saneamento básico abordados no trabalho foram apenas o abastecimento de água e manejo de resíduos sólidos.

A maioria das casas apresentam-se por meio de construções simples, contudo ainda

sim possuem condições para manter seus moradores com requisitos básicos como energia elétrica, observadas em 100% das moradias visitadas. As casas são em sua maioria de alvenaria (95%) contudo em alguns bairros ainda é possível observar moradias feitas de madeiras (3,3%) e taipas (0,8%). Casas de madeira e taipa foram identificadas nos bairros Vila Primo, Vila Davi e Bairro do Açude (Figura 3). É possível observar uma relação entre as casas que possuem banheiros fora e as configurações das construções (Figura 3).

A autarquia responsável pelo abastecimento de água da população de Buriticupu é a Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão - CAEMA, o tipo de manancial do município é exclusivamente subterrâneo, seu sistema é isolado e o índice de segurança hídrica do município é baixa (ATLAS ÁGUAS, 2021). Segundo os informantes a água que chega em suas casas tem como origem poços artesianos, que alimentam caixas d'água e redirecionam a água para suas residências. Uma pesquisa realizada por Evaristo, et al. (2017) corrobora nos dados, em seu trabalho o autor diz que 90% das residências de Candidópolis em Itabira, Minas Gerais são abastecidas por poço artesiano. Outro ponto é que no município de Buriticupu, cada residência foi observada a presença de um tanque para armazenar a água, a fim de garantir a segurança hídrica das suas moradias, já que em alguns lugares do município a água só chega ao tanque uma vez por semana, tendo muitas das vezes necessidade de compra de água por meio de caminhão-pipa, o tanque contém uma bomba que transporta a água para uma caixa d'água e assim a água chega as torneiras das residências. Sobre a utilização da água para consumo, cerca de 68% dos indivíduos usam a água do poço artesiano, destacando que 43,3% das pessoas filtram a água antes de beber, 13,3% usam o método de coar a água e 43,3% não responderam pelo motivo de não utilizar método antes ou pelo motivo de beberem água mineral.

Com relação aos resíduos, um percentual de 71,7% dos indivíduos entrevistados respondeu que separariam os resíduos caso houvesse empresa no município responsável pela coleta e reciclagem, visto que no município não há empresa destinada a esse tipo de atividade. Contudo, 90% dos entrevistados afirmaram que os resíduos gerados pelos mesmos são colhidos pela prefeitura e encaminhados para um lixão, sem nenhum planejamento ou precauções para proteger o meio ambiente ou a saúde pública. Segundo Costa *et al.* (2016) A forma de disposição de resíduos sólidos a céu aberto favorece a proliferação de micro e macrovetores, os quais podem ser via de acesso de organismos patogênicos, que pode causar problemas à saúde dos indivíduos que se apresentem no local. Durante a pesquisa foi observado que uma grande parte dos indivíduos armazenam o lixo na frente de suas residências, sendo muito das vezes espalhado pela rua por animais, causando poluição visual e apresentando um cenário de possíveis focos para proliferação de vetores de doenças como mosquitos, moscas, baratas e ratos. 8,3% dos indivíduos entrevistados responderam que uma parte do seu resíduo é queimado e a outra é encaminhado para um lixão e 1,6% não são encaminhados para um lixão, sendo completamente queimados ou enterrados, assim podendo liberar gases tóxicos. O lixo pode conter inúmeras substâncias poluentes que, durante a combustão, podem ser liberadas para a atmosfera, contribuindo para o aquecimento global e a poluição atmosférica (DEBONI, 2010).

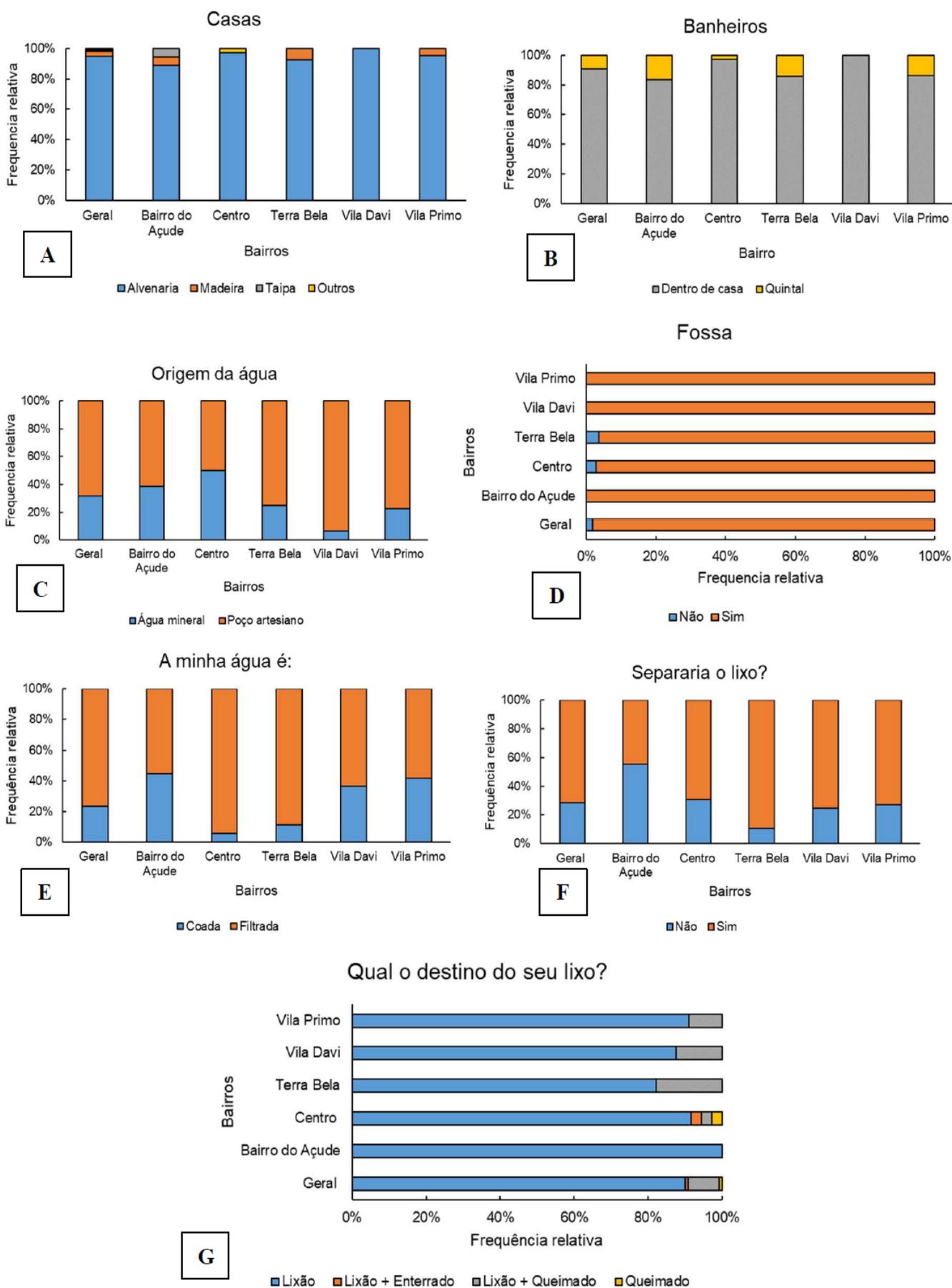


Figura 3. Caracterização das condições de moradia e saneamento nos bairros segundo os moradores entrevistados. A - Tipologia das casas; B - Presença do banheiro; C - Origem da água; D - Destino dos efluentes; E - Tratamento dado a água; F/G- Destino do resíduo domiciliar.

Sobre as percepções ambientais e saúde dos moradores representada pela tabela 02, foi analisado que apesar de 81,7% dos entrevistados se preocuparem com as questões ambientais, cerca de 47,5% não entendem os danos que o descarte incorreto dos resíduos pode causar, destacando que alguns responderam nunca ter pensado nas consequências dos impactos ambientais.

A partir dos dados coletados, os participantes do estudo mostraram um certo conhecimento sobre a relação entre a qualidade da água e o surgimento de doenças. Quando questionados sobre já terem ficado doentes por alguma doença causadas pela água, cerca de 60% afirmaram nunca ter ficado doentes e 40% já teve pelo menos uma pessoa doente em sua residência por motivos da água (30%).

Em relação as doenças de veiculação hídrica citadas, os 40% que responderam já ter ficado doentes por causa da água citaram as Verminoses, Chikungunya, Dengue e Hepatite A. Além disso, os informantes afirmaram que houve associação entre as doenças da Dengue e Chikungunya e Dengue e verminoses. Outras associações foram apresentadas, entretanto com baixo percentual.

Parâmetro	B. Açude	Centro	T. Bela	Vila Davi	Vila Primo
Preocupação questões ambientais					
Sim	10,0%	25,83%	20,0%	11,67%	14,17%
Não	5,0%	4,17%	3,33%	1,67%	4,17%
Conhecimento: Danos ambientais					
Sim	9,17%	11,67%	11,67%	9,17%	9,17%
Não	5,83%	11,67%	11,67%	9,17%	9,17%
Relato de doença pela água					
Sim	5,0%	13,33%	7,5%	7,5%	6,67%
Não	10%	16,67%	15,83%	5,83%	11,67%
Quantas pessoas					
Uma pessoa	12,24%	22,45%	12,24%	14,29%	12,24%
Duas pessoas		8,16%	4,08%	4,08%	4,08%
Três pessoas			2,04%		
Quatro pessoas		2,04%			
Doenças					
Verminoses	6,25%	3,13%	4,17%	3,13%	4,17%
Chikungunya	2,08%	2,08%	4,17%	3,13%	3,13%
Dengue; Chikungunya	2,08%	6,25%	3,13%	1,04%	2,08%
Dengue		3,13%	3,13%	4,17%	1,04%
Dengue; Verminoses		2,08%	1,04%	1,04%	2,08%
Hepatite A		4,17%			
Dengue; Verminoses; Chikungunya		2,08%	1,04%		
Verminoses; Chikungunya	1,04%		1,04%	1,04%	
Dengue; D. Contato; Verminoses; Chikungunya	1,04%				1,04%
Dengue; Hepatite A; Verminoses			1,04%	1,04%	
Hepatite A; Chikungunya		1,04%	1,04%		
Dengue; Chikungunya; Amebíase		1,04%			
Dengue; Chikungunya; Amebíase; Giardíase			1,04%		

Dengue; Chikungunya				1,04%
Dengue; D. Contato; Chikungunya				1,04%
Dengue; D. Contato; Verm.; Febre A.; Malária; Chikun			1,04%	
Dengue; D.Contato; Chikungunya				1,04%
Dengue; D.Contato; Verminoses; Chikungunya	1,04%			
Dengue; Hepatite A		1,04%		
Dengue; Hepatite A; Chikungunya		1,04%		
Dengue; Hepatite A; Malária		1,04%		
Dengue; Verminoses; Malária			1,04%	
Hepatite A; Verminoses		1,04%		
Hepatite A; Verminoses; Chikungunya		1,04%		
Hepatite A; Chikungunya		1,04%		
Malária				1,04%

Tabela 02. Caracterização da Percepção ambiental e saúde dos entrevistados Fonte: Autores (2022).

4. CONCLUSÃO

Quando iniciou a pesquisa, contatou-se que a relação de saúde e meio ambiente é um tema bem atual e de grande importância, sendo a percepção ambiental uma grande ferramenta para compreender o vínculo entre o homem e o meio ambiente.

Assim foi possível identificar que a maior parte dos entrevistados são mulheres, com faixa etária entre 21 e 30 anos, ensino médio completo, renda variando entre 1.001,00 e 1.200,00 reais, habitando em casas com construções simples, mas com condições favoráveis para morar e com uma certa preocupação com as questões ambientais. Um percentual considerável de indivíduos (52,5%) afirmou ter conhecimento sobre os danos ambientais que o descarte incorreto dos resíduos pode causar. Por outro lado, uma quantidade significativa (47,5%) afirmou não ter esse entendimento, ou seja, ainda não compreendem que algumas práticas do dia a dia podem causar danos ambientais que consequentemente podem afetar a saúde da população. Esses dados em relação ao entendimento dos danos ambientais podem estar ligados ao grau de escolaridade, visto que a maioria tem ensino médio completo, mas uma parcela considerável não terminou se quer o ensino fundamental.

A pesquisa também concluiu que os participantes mostraram um certo conhecimento sobre a relação entre água e o surgimento de doenças, onde a maioria afirmou nunca ter ficado doente por motivo da água, mas um percentual de 40% respondeu já ter presenciado pelo menos uma pessoa da sua residência em contato com doenças de veiculação hídrica, sendo as doenças mais citadas, Verminoses, Chikungunya, Dengue e Hepatite A. Assim, esses casos de doenças podem estar vinculados aos indivíduos que utilizam água de poço artesiano sem nenhum método de filtração ou de coar a água antes de beber, visto que beber água direto da torneira pode colocar a saúde dos moradores em risco. O índice de segurança hídrica do município foi considerado baixo o que força a população a armazenar água em suas residências, o problema é a contaminação das caixas d'água das residências por falta de manutenção. Além disso, depósito do lixo em lugares impróprios pode se tornar focos de proliferação de vetores de doenças.

Por fim, é possível identificar que grande parte dos entrevistados se preocupam e tem um certo conhecimento em relação as questões ambientais, porém uma quantidade

significativa não tem esse entendimento e conseqüentemente são os mais expostos a algumas doenças. Assim, podemos compreender que a Educação Ambiental ainda não conseguiu alcançar a todos, principalmente aqueles que vivem com uma renda mais baixa e um baixo nível de escolaridade.

Referências

ARANTES, Haryanna; UEHARA, Sílvia Carla da Silva André. Conhecimento e prática dos professores de ensino básico em Educação Ambiental e saúde. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 16, n. 4, p. 169-190, 2021.

AS MULHERES são mais sustentáveis. Ecoa, MS, 02 de out. 2019. Disponível em: <https://ecoa.org.br/mulheres-sao-mais-sustentaveis/>. Acesso em: 26 de out. de 2022.

ASSUNÇÃO, Natalia Maria; CORRÊA, Ana Paula Vechi; UEHARA, Sílvia Carla da Silva André. Saúde ambiental e covid-19 no contexto da enfermagem da atenção primária–Scoping review. **Revista Enfermagem Atual In Derme**, v. 96, n. 39, 2022.

BONZI, Ramón Stock. Meio século de Primavera silenciosa: um livro que mudou o mundo. **Desenvolvimento e Meio ambiente**, v. 28, 2013.

CAMARA, Lara Rita Albuquerque et al. Qualidade de vida e percepção ambiental dos moradores de comunidades rurais em São Luís (MA). **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 14, n. 1, p. 263-274, 2019.

COSTA, Tancio Gutier Ailan et al. Impactos ambientais de lixão a céu aberto no Município de Cristalândia, Estado do Piauí, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 3, n. 4, p. 79-86, 2016.

DA CRUZ FERREIRA, Camila Aparecida; MELO, Ismail Barra Nova; MARQUES, Silvío César Moral. A educação ambiental brasileira: história e adjetivações. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 11, n. 1, p. 183-195, 2016.

DA CUNHA, Alecsandra Santos; LEITE, Eugênio Batista. Percepção ambiental: implicações para a educação ambiental. **Sinapse Ambiental**, [S. l: sn], p. 66-79, 2009.

DE PASSOS, Priscilla Nogueira Calmon. A conferência de Estocolmo como ponto de partida para a proteção internacional do meio ambiente. **Revista Direitos Fundamentais & Democracia**, v. 6, 2009.

DEBONI, Lidiane. **O que você faz com seu lixo?** Estudo sobre a destinação do lixo na zona rural de Cruz Alta/RS-Passo dos Alemães. 2010.

DIAS, Gisele Loise et al. Representações sociais sobre saúde e meio ambiente para equipes de Estratégia Saúde da Família. **Saúde e Sociedade**, v. 27, p. 163-174, 2018.

DO NASCIMENTO, Erlen Kaline Ávila; CAMACHO, Ramiro Gustavo Valera; DO NASCIMENTO SOUZA, Diego Nathan. Análise da percepção ambiental da comunidade de Cacimba Funda (CE). **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 16, n. 4, p. 10-17, 2021.

EVARISTO, Gabriela Vieira et al. Saneamento básico e percepção ambiental: um estudo realizado na comunidade Candidópolis em Itabira, Minas Gerais. **Research, Society and Development**, v. 4, n. 1, p. 45-61, 2017.

FAGGIONATO, Sandra. **Educação Ambiental**. Disponível em: https://ambientes.ambientebrasil.com.br/educacao/artigos/percepcao_ambiental.html. Acesso em: 18 out. 2022.

GUEDES, Fernanda Aires Ferreira et al. Percepção ambiental dos moradores de São José do Goiaibal sobre o parque estadual do Rio Doce: A influência das variáveis gênero, idade, classe social e escolaridade. **Pesquisa em Educação Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 51-61, 2013.

MENDONÇA, Mário Jorge Cardoso de; MOTTA, Ronaldo Seroa da. **Saúde e saneamento no Brasil**. 2005.

PERES, Frederico; MOREIRA, Josino Costa. Saúde e ambiente em sua relação com o consumo de agrotóxicos em um pólo agrícola do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 23, p. S612-S621, 2007.

RIBEIRO, Helena. Saúde pública e meio ambiente: evolução do conhecimento e da prática, alguns aspectos éticos. **Saúde e Sociedade**, v. 13, p. 70-80, 2004.



RODRIGUES, Louise Nogueira et al. Percepção Ambiental e a Influência da Escolaridade de Vendedores Ambulantes do Centro Histórico no Município de São Luís-MA. **Revista Eletrônica Casa de Makunaima**, v. 2, n. 4, p. 96-104, 2019.

SOUZA, Cinoélia Leal de; ANDRADE, Cristina Setenta. Saúde, meio ambiente e território: uma discussão necessária na formação em saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, p. 4113-4122, 2014.

TEIXEIRA, Júlio César. **Saúde ambiental**. Monografia]: Minas Gerais: Escola de Engenharia Sanitária e Ambiental. Juiz de Fora/Universidade Federal de Juiz de Fora, 2012.

14

ESTUDO DE MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DO FÁRMACO DICLOFENACO DE SÓDIO EM AMOSTRAS DE ÁGUA

STUDY OF A METHOD FOR THE DETERMINATION OF THE DRUG DICLOFENAC SODIUM IN WATER SAMPLES

Nylvana Moreira Costa¹

Cleoner Uchôa Araujo²

Rousiane Damasceno Evangelista²

Rodrigo Bruno de Sousa Santos²

Maria Aparecida Pinheiro Barros²

Wallace Borges Pachêco³

Maria Raimunda Chagas Silva⁴

Darlan Ferreira da Silva⁴

-
- 1 Mestre em Meio Ambiente, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 2 Farmácia, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 3 Mestre em Ciências da Saúde, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 4 Doutor(a) em Química Analítica, Universidade Ceuma, São Luís-MA

Resumo

Atualmente, substâncias orgânicas sintéticas como antibióticos, pesticidas e produtos farmacêuticos são contaminantes de águas. Infelizmente, estes compostos são contaminantes de águas, conhecidos no mundo, principalmente, devido a ação antrópica. Este problema, associado a ocorrência destes poluentes em níveis traços, cria desafios únicos para a detecção analítica e avaliação do desempenho da remoção destes contaminantes em águas utilizando técnicas analíticas simples. Neste trabalho foi estudado um método para determinação de diclofenaco de sódio via técnica espectrofotométrica para posterior avaliação de Processo Oxidativo Avançado foto-Fenton (UV/Fe²⁺/H₂O₂). Para avaliação do processo de degradação do fármaco foi utilizado um planejamento fatorial 2³, com ponto central. O planejamento foi composto por dois níveis (+/-) e três fatores, sendo (X₁) Tempo de irradiação, variando de 2 a 4 h; (X₂) Teor de peróxido de hidrogênio, variando de 1 a 7%; e, (X₃) Concentração de Fe²⁺, variando de 25 a 100 mg L⁻¹. Todos os ensaios de otimização foram realizados utilizando-se 200 mL de uma solução de concentração de 10 mg mL⁻¹ de diclofenaco de sódio. O método de determinação do fármaco foi validado segundo parâmetros de linearidade, limite de detecção (LOD), limite de quantificação (LOQ), seletividade e precisão. De acordo com os ensaios, a linearidade do método foi satisfatória (R² = 0,9977), assim como, os limites de quantificação (0,3422 mg L⁻¹) e detecção (0,1026 mg L⁻¹) adequados com a faixa de trabalho selecionada nos testes (0,01 a 10 mg mL⁻¹). A metodologia foi adequada para detecção dos resíduos deste fármaco em amostras de água.

Palavras-chave: Processo Oxidativo Avançado, diclofenaco de sódio, contaminação ambiental, espectrofotometria

Abstract

Currently, synthetic organic substances such as antibiotics, pesticides and pharmaceuticals are water contaminants. Unfortunately, these compounds are known water contaminants worldwide mainly due to human activities. This problem, coupled with the occurrence of these pollutants at trace levels, creates unique challenges for analytical detection and performance evaluation of the removal of these contaminants in waters using simple analytical techniques. In this work, a method for the determination of diclofenac sodium via spectrophotometric technique was studied for further evaluation of photo-Fenton (UV/Fe²⁺/H₂O₂) Advanced Oxidative Process. A 2³ factorial planning with central point was used to evaluate the degradation process of the drug. The planning was composed of two levels (+/-) and three factors: (X₁) irradiation time, ranging from 2 to 4 h; (X₂) hydrogen peroxide content, ranging from 1 to 7%; and (X₃) Fe²⁺ concentration, ranging from 25 to 100 mg L⁻¹. All optimization experiments were performed using 200 mL of a 10 mg mL⁻¹ concentration solution of diclofenac sodium. The method for drug determination was validated according to parameters of linearity, limit of detection (LOD), limit of quantification (LOQ), selectivity and precision. According to the assays, the linearity of the method was satisfactory (R² = 0.9977), as well as the limits of quantification (0.3422 mg L⁻¹) and detection (0.1026 mg L⁻¹) adequate with the working range selected in the tests (0.01 to 10 mg mL⁻¹). The methodology was suitable for detecting residues of this drug in water samples.

Keywords: Advanced Oxidative Process, sodium diclofenac, environmental contamination, spectrophotometry

1. INTRODUÇÃO

O ramo farmacêutico é estabelecido como um dos setores industriais de grandes destaque, na qual trabalha com a conservação da saúde dos seres humanos ao longo do tempo, promovendo o aumento, tanto da qualidade, como da expectativa de vida da população mundial. Anualmente, são produzidas grandes quantidades de produtos farmacêuticos com aplicação nas mais diversas áreas da saúde humana e animal, sendo que a maioria dos princípios ativos utilizados é de compostos orgânicos biologicamente ativos. O setor farmacêutico apresenta uma definição como o ramo da economia que incorpora o conjunto de atividades envolvidas na produção, na comercialização e no transporte de farmoquímicos, medicamentos e preparações farmacêuticas (VIEIRA & SANTOS, 2020).

A quantidade de novos fármacos produzidos está crescendo exponencialmente, como também sua presença nos ecossistemas. O surgimento de novos compostos, em grande ou pequena escala pode atingir uma grande quantidade de espécies, o que pode gerar alterações em biomoléculas e vias metabólicas primordiais que podem ocasionar danos permanentes sobre algumas espécies. Evidências na literatura já demonstram a ocorrência de vários produtos farmacêuticos no ambiente marinho, como no Mar Mediterrâneo, incluindo amoxicilina, lidocaína, citalopram, entre outros (ALYGIZAKIS *et al.*, 2016). Levando em consideração que até os processos mais modernos obedecem a uma linha de planejamento para maximizar a produção e minimizar a geração de resíduos, as operações de limpeza e manutenção desses equipamentos produzem efluentes líquidos que necessitam de um tratamento adequado para serem descartados no meio ambiente. Outra fonte de efluentes é o processo de descarte de medicamentos fora do prazo de validade. Esses compostos podem desempenhar um papel na contaminação de alimentos e água potável, como por exemplo, a presença de resíduos de substâncias químicas podem adulterar o leite de vaca; outro exemplo, os antimicrobianos, que podem representar um risco para a saúde humana, devido aos processos de hipersensibilidade, teratogênese, alteração da microbiota intestinal prejudicando a ação gastromucoprotetora, além de propiciar a seleção de populações de bactérias altamente resistentes (PEREIRA; SCUSSEL, 2017).

O uso de tratamentos químicos como recurso tecnológico alternativo para o tratamento de efluentes industriais tem atraído considerável atenção, mostrando características vantajosas como facilidade de automação e com uma redução do espaço físico, entre as quais se incluem os processos oxidativos e foto-oxidativos, no conjunto denominado Processos Oxidativos Avançados (POA). Os POA são processos baseados na geração de radicais livres, principalmente o radical hidroxila ($\text{HO}\cdot$), e apresentam alta eficiência na remoção de poluentes não biodegradáveis ou de alta persistência, para os quais, os tratamentos convencionais de efluentes (sedimentação, coagulação/floculação, filtros biológicos, entre outros) não são efetivos. Esses processos se caracterizam por facilitar a transformação de diversos contaminantes orgânicos, em espécies químicas menos complexas (ânions inorgânicos, água ou dióxido de carbono) (TEIXEIRA; JARDIM, 2004; SILVA *et al.*, 2014). A redução do uso de produtos químicos é um grande benefício, pois o elétron é o principal reagente no processo, e a estimativa de reaproveitamento dos coprodutos gerados, se mostra uma excelente iniciativa dentro do atual cenário mundial de sustentabilidade. Essas tecnologias submergem espécies reativas de oxigênio (ROS), que se torna possível a degradação de poluentes orgânicos com diversas estruturas químicas e grupos funcionais a substâncias menos tóxicas. O correto gerenciamento, reciclagem e tratamento desses resíduos deve ser realizado, de forma a garantir que a emissão de substâncias de alta preocupação e contaminação seja evitada, garantindo proteção ambiental da saúde humana



(HAHLADAKIS *et al.*, 2018).

O processo Fenton pode ser entendido como um sistema que envolve um conjunto de reações cíclicas em meio ácido, onde o radical hidroxila (agente oxidante usado na degradação de material orgânico) pode ser gerado como produto da decomposição do peróxido de hidrogênio, na presença de íons Fe^{2+} ou Fe^{3+} (MANTILHA *et al.*, 2019; AMETA *et al.*, 2018). No processo foto-Fenton, é utilizado radiação para aumentar a velocidade das reações de oxidação na amostra. A incidência de radiação promove a transferência de elétron dos ligantes das espécies hidroxiladas de Fe^{2+} e Fe^{3+} para o metal, proporcionando, a formação do radical hidroxila e a regeneração do íon Fe (FAUST; HOIGNÉ, 1990).

O diclofenaco está disponível no mercado na forma de sal livre, sal sódico ou sal potássico. Esta última salificação é mais solúvel, promovendo uma taxa maior de absorção, consequentemente um efeito analgésico mais rápido em comparação com as outras formas administradas por via oral. O diclofenaco sódico, um fármaco não esteroide, atua no corpo, através da diminuição da produção das prostaglandinas, que têm um papel importante na causa da inflamação, dor e febre. O desenfreado consumo deste fármaco atrelado a uma ampla diversidade de aplicações, que não restringe sua compra em drogarias, consequentemente, contribui na contaminação de efluentes quando se relaciona a questão do descarte e a produção de resíduos (LI *et al.*, 2021; LIMA *et al.*, 2015).

Diante do exposto, esta pesquisa tem por objetivo o estudo de um método para determinar do fármaco diclofenaco de sódio.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Reagentes e soluções

Uma solução estoque de 100 mg mL^{-1} do diclofenaco de sódio foi preparada por dissolução em metanol. Soluções de trabalho com concentrações de 0,01; 0,50; 1,00; 2,00; 5,00 e 10 mg mL^{-1} foram preparadas a partir da diluição da solução estoque. Soluções de sulfato de ferro ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) e peróxido de hidrogênio p.a (H_2O_2) foram utilizadas para o processo Fenton.

2.2 Instrumentação

Os espectros de absorção molecular foram obtidos utilizando um espectrofotômetro UV-Vis (Spectroquant® Merck - modelo Prove 600) equipado com cubetas de quartzo com 10 mm de caminho óptico, no comprimento de onda de 330 nm, utilizando-se metanol como branco. Todas as determinações foram realizadas em triplicata.

2.3 Planejamento fatorial para avaliação do processo de degradação do fármaco

Para avaliar a eficiência do processo de degradação do fármaco, foi realizado um planejamento fatorial do tipo 2^3 com ponto central. Este planejamento é composto por dois níveis: (+/-) e três fatores: (X_1) Tempo de irradiação (2 a 4 h); (X_2) Teor de peróxido de hidrogênio (1 a 7%); e, (X_3) Concentração de Fe^{2+} (25 a 100 mg L^{-1}). Será utilizada como variável resposta a concentração do anti-inflamatório diclofenaco sódico. Todos os ensaios de otimização serão realizados sobre agitação constante e pH fixo (pH = 3). Uma solução de ácido

sulfúrico $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ será utilizada para ajustar o pH do meio. O planejamento experimental é apresentado na Tabela 2. Os softwares Origin pro 8.5 e Minitab 17.3.1 no tratamento dos dados e obtenção das superfícies de resposta.

3. RESULTADOS

3.1 Espectro de absorção do diclofenaco de sódio

Para definir qual o melhor comprimento de onda para análise do diclofenaco de sódio, foi realizada uma varredura na faixa de 200 a 600 nm em espectrofotômetro Uv-Vis. O espectro de máxima absorção do fármaco é apresentado na Figura 1.

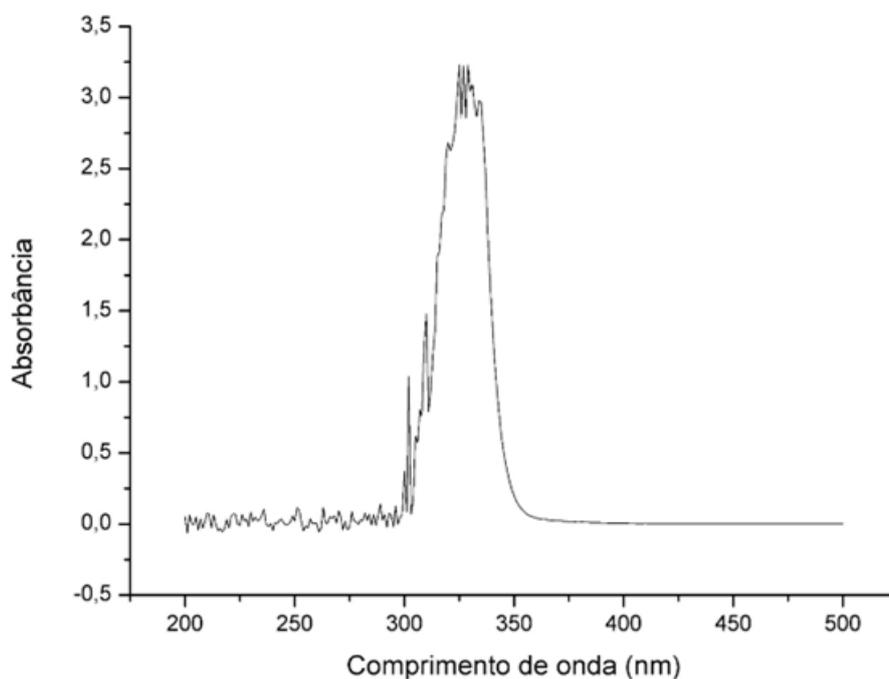


Figura 1. Espectro de absorção do diclofenaco de sódio (330 nm).

Fonte: Autor (2023)

3.2 Validação do método

A eficiência do processo foto-fenton foi confirmada via espectrofotometria. A análise quantitativa do diclofenaco de sódio foi feita por meio de uma curva analítica de 5 pontos. A metodologia foi validada de acordo com os parâmetros de linearidade, limite de detecção (LOD), limite de quantificação (LOQ), seletividade e precisão.

Para se avaliar a linearidade do fármaco e a eficiência da técnica de determinação, foi construída a curva analítica para o diclofenaco de sódio a partir da leitura das diluições da solução estoque em espectrofotômetro UV-Vis. As concentrações das soluções de trabalho variaram de $0,01$ a 10 mg mL^{-1} . Todas as determinações foram feitas em triplicata para cada nível de concentração. A curva analítica gerada (Figura 2) apresentou coeficiente de determinação superiores a $0,99$

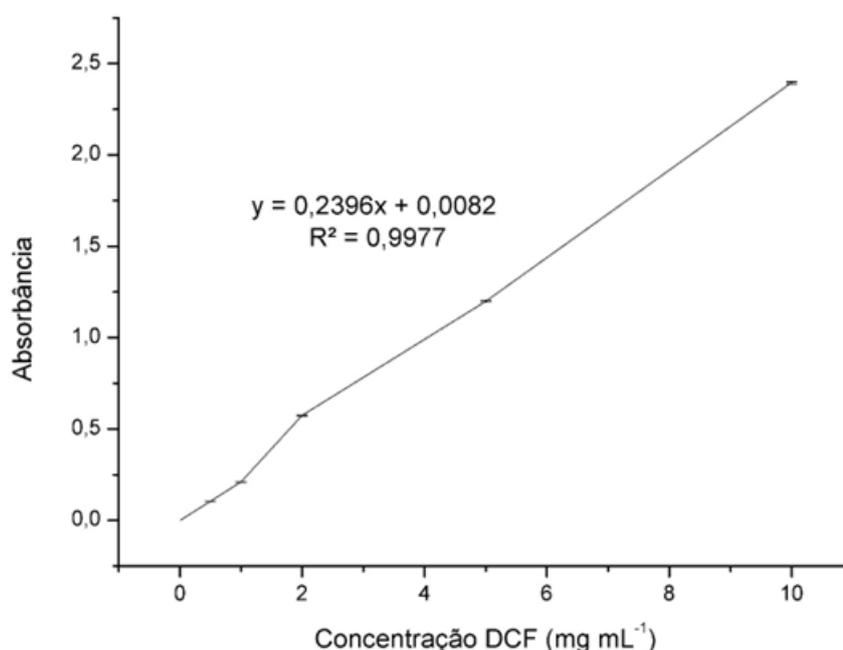


Figura 2. Curva analítica do diclofenaco de sódio (DCF). Comprimento de onda selecionado (UV-Vis): 330nm.

Fonte: Autor (2023)

A partir dos dados do padrão (diclofenaco de sódio), foi construída, também uma curva analítica com amostras comerciais. Na Tabela 1 estão dispostos os dados de regressão linear, LOD, LOQ das duas amostras analisadas.

Tabela 1. Regressão linear, coeficiente de determinação, LOD e LOQ do fármaco analisado.

Analito (DCF)*	Regressão Linear	R ²	LD (mg L ⁻¹)	LQ (mg L ⁻¹)
Padrão	Y = 0,2396x + 0,0082	0,9977	0,1026	0,3422
Amostra comercial	Y = 2,4965x + 0,0981	0,9858	0,1178	0,3929

*DCF – Diclofenaco de sódio

3.2.1 Ensaios de recuperação

Os ensaios de recuperação das amostras foram realizados seguindo o método otimizado, conforme planejamento experimental. Os resultados das recuperações para os 3 níveis de fortificação (0,1; 0,5 e 1 mg mL⁻¹) estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2. Recuperações médias (n = 3) do diclofenaco de sódio em níveis de fortificação de 0,1; 0,5 e 1 mg mL⁻¹, em amostra de água.

Níveis de fortificação (mg mL ⁻¹)	Diclofenaco de sódio	
	Recuperação (%)*	C.V.**
0,1	74,35±0,08	1,35
0,5	78,57±0,10	1,98
1	83,33±0,22	2,54

*n=3. **Coeficiente de variação

Fonte: Autor (2023)

Os ensaios de recuperação foram realizados com amostras reais, utilizando-se o princípio ativo (diclofenaco de sódio) na forma comercial. Os resultados das recuperações e da precisão nos testes mostraram que a metodologia de degradação via Processo Oxidativo Avançado (POA) foi adequada, com recuperações na faixa de 74,35 - 83,33 %. Considerando-se a complexidade da matriz, a precisão do método foi satisfatória, variando de 0,08 a 0,22 %.

3.3 Avaliação dos parâmetros físico-químicos

Para avaliar os efeitos do processo foto-fenton nas amostras, foram realizados testes, antes e após o POA, verificando-se os parâmetros pH, cor e condutividade. Os ensaios foram realizados com amostras reais, utilizando-se o princípio ativo (diclofenaco de sódio) na forma comercial. Na Tabela 3 são apresentados os dados de pH, cor e condutividade antes e após o processo foto-fenton.

Tabela 3. Avaliação dos parâmetros pH, cor e condutividade após processo foto-fenton.

Parâmetros	Antes*	Após POA*
pH	3,30±0,01 a	3,45±0,01 b
Cor	168,66±0,11 a	113,12±0,04 b
Condutividade (µS/cm ²)	0,58±0,005 a	0,58±0,04 a

* n=3

Fonte: Autor (2023)

O processo Fenton consiste em se adicionar íons de ferro a solução para gerar radicais hidroxila e, estes, livres em solução, reagem, promovendo a degradação de compostos orgânicos (STASINAKIS, 2008). Logo, como o processo libera hidroxila, o pH da solução pode ser alterado. Nos nossos testes, o pH apresentou um ligeiro aumento de 3,31 a 3,44, sem semelhança estatística.

De acordo com Tabela 7, é possível observar que o processo foi eficiente na remoção de cor, no tempo de 120 minutos. Neste teste a remoção de cor alcançada foi de 67%. No trabalho de França *et al.* (2015), analisando a remoção de cor de efluentes, observaram que as curvas de remoção de cor apresentavam uma tendência crescente até o tempo de 80 minutos. Após isso, os valores de remoção de cor (t = 80, t = 100 e t = 120 minutos) tornaram-se muito semelhantes, deixando as curvas com aspecto constante.

Quanto à condutividade, não houve diferença estatística nos testes.

4. CONCLUSÃO

A determinação do fármaco pelo método espectrofotométrico, foi satisfatório, o que promoveu uma boa eficiência ns ensaios de recuperação em amostras reais.

Os processos de degradação utilizando Foto-Fenton assistidos por radiação (lâmpada) apresentam resultados satisfatórios, quanto a remoção de cor em todas as condições operacionais trabalhadas.

O bom rendimento do processo na degradação do fármaco diclofenaco de sódio, comprova que esta é uma alternativa de tratamento viável, que já é consolidado cientificamente, apresentando vantagens de ordem econômica e ambiental, uma vez que pode minimizar prejuízos para o meio ambiente.



As técnicas analíticas que remediaram a contaminação ambiental e, a conscientização da população quanto ao descarte correto de resíduos, talvez, ajude-nos a diminuir as concentrações destes contaminantes no ambiente de forma que não ofereçam riscos nem para humanos tampouco para organismos aquáticos.

Referências

- AITKEN, M.; KLEINROCK, M.; NASS, D. Outlook for Global Medicines through 2021. **Balancing Cost and value. Quintiles IMS Institute**. 2021.
- ALVARENGA, L.S.V./ NICOLETTI, M.A. Descarte Doméstico de Medicamentos e algumas considerações sobre o Impacto Ambiental. **Revista Saúde**, 2010.
- ALYGIZAKIS, N. A. et al. Occurrence and spatial distribution of 158 pharmaceuticals, drugs of abuse and related metabolites in offshore seawater. **Science of the Total Environment**, v. 541, p. 1097–1105, 2016.
- AMETA, R. CHOHADIA A. K. JAIN, A. PUNJABI, P. B. - Fenton and Photo-Fenton Processes. Advanced Oxidation Processes for Waste Water Treatment - Emerging Green **Chemical Technology**, chap.3, p. 49-87, 2018.
- ANVISA** – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Anuário estatístico do mercado farmacêutico 2017. Brasília: ANVISA, 2018.
- BHS, Brasil Health Service. Programa Descarte Consciente. 2021. Disponível em: . Acesso em: 09 jun. 2021.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE**. Resolução nº 358, de 29 de abril de 2005. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. Resolução Nº 358, de 29 de Abril de 2005. Disponível em: . Acesso em: 15 fev. 2019.
- FARMACOPEIA BRASILEIRA**. 5.ed. Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2020.
- FAUST, B. C.; HOIGNÉ, J. Photolysis of Fe (III)-hydroxy complexes as sources of OH radicals in clouds, fog and rain. **Atmospheric Environment**, v. 24, n. 1, p. 79-89, 1990.
- GUIMARAES, R. S. F. G & TAVEIRA, C. C. **FUNDAMENTOS DA FARMACOLOGIA**, p. 9-10, 2014
- HAHLADAKIS, J. N et al. An overview of chemical additives present in plastics: Migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling. **Journal of Hazard Materials**, v,344, p. 179- 199, 2018.
- HURTADO-SÁNCHEZ, M. C. et al. Green analytical determination of emerging pollutants in environmental waters using excitation–emission photoinduced fluorescence data and multivariate calibration. **Talanta**, Oxford, v. 134, p. 215-223, mar. 2015. . Disponível em: . Acesso em: 27 fev. 2023.
- KINCL, M. et al. Characterization of factors affecting the release of low-solubility drug from prolonged release tablets. **Analytica Chimica Acta**, v. 502, p. 107-113, 2003.
- LI, X.; HUANG, S.; XU, H.; DENG, Y.; WANG, Z.; LIU, Z-H. Molybdenum phosphide (MoP) with dual active sites for the degradation of diclofenac in Fenton-like system. **Chinese Chemical Letters**, 2021.
- LIMA, S. L.; RORIGUES, M. J. R.; SILVA, T. R.; NOVAIS, C.; NAVES, P. Uso indiscriminado de diclofenaco de potássio pela população idosa na cidade de Anápolis, no estado de Goiás, Brasil em 2014. **Revista Colombiana de Ciências Químico-Farmacéuticas**, v.44, n.2, p.179-188, 2015.
- MANTILHA, H. D. R. **Degradação de antibióticos por processo foto-Fenton heterogêneo mediado por ferro imobilizado em argila sob irradiação LED UV e LED VIS**. 2019. Tese (Doutorado) – Instituto de Química, Universidade Estadual paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Araraquara, 2019.
- PEREIRA, M. N.; SCUSSEL, V. M. Revista de Ciências Agroveterinárias. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 16, n. 2, p. 170–182, 2017.
- PREVITAL, J. S. **DESENVOLVIMENTO DE PROCEDIMENTOS ANALÍTICO PARA DETERMINAÇÃO DE CLOTRIMAZOL E DICLOFENACO UTILIZANDO ESPECTROFOTOMETRIA NA REGIÃO ULTRAVIOLETA**, 2014. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2014.
- ROBERTS II, L. J.; MORROW, J. D. Analgésico-antipiréticos, agentes anti-inflamatórios e fármacos utilizados no tratamento de gota. In: GILMAN, A. G.; HARDMAN, J. G.; LIMBIRD, L. E. As bases farmacológicas da terapêutica.

Rio de Janeiro: McGraw-Hill, 2003. p. 517-550.

RODRIGUES, M. G.; CUNHA, R. R. R. S. B.; LINS, G. A.; ALMEIDA, J. R. **INSTRUMENTAÇÃO EM CIÊNCIA FORENSE**. Universidade do Estado do Rio de Janeiro: Editor Rede Sirius, 2014.

SANTOS, L. G., S. S.; BERGOLD, A. M. Caracterização e qualificação de diclofenaco de sódio como padrão secundário. **Latin American Journal of Pharmacy**, v. 26, p. 355-361, 2007.

SILVA, J. C. C.; TEODORO, J. A. R.; AFONSO, R. J. D. C. F.; AQUINO, S. F.; AUGUSTI, R. Photolysis and photocatalysis of ibuprofen in aqueous medium: characterization of by-products via liquid chromatography coupled to high-resolution mass spectrometry and assessment of their toxicities against *Artemia Salina*. **Jornal of Mass Spectrometry**, v. 49, p. 145-153, 2014.

SINDUSFARMA – SINDICATO DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS FARMACÊUTICOS. Perfil da indústria farmacêutica e aspectos relevantes do setor. São Paulo: Sindusfarma, 2020. Disponível em: Acesso em: 21 jan. 2022.

TEIXEIRA, C. P. D. A. B.; JARDIM, W. D. F. Processos Oxidativos Avançados: conceitos teóricos 2004. Disponível em: Acesso em: 21/01/2022

VIEIRA, F. S. e SANTOS, M. A. B. O setor farmacêutico no Brasil sob as Lentes da Conta- Satélite de Saúde, Texto para discussão, Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada, Brasília, 2020.

ZAPPAROLI, D.; CAMARA, M. R. G.; BECK, C. Medidas Mitigadoras para a Indústria de Fármacos Comarca de Londrina – PR, Brasil: Impacto Ambiental do Despejo de Resíduos em Corpos Hídricos. In: 3rd International Workshop | **Advances in Cleaner Production**, 2011.

15

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TOCANTINS DOS MUNICÍPIOS DE IMPERATRIZ E SÃO PEDRO DA ÁGUA BRANCA, ATRAVÉS DA FERRAMENTA DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA-IQA

WATER QUALITY ASSESSMENT OF THE TOCANTINS RIVER BASIN OF THE MUNICIPALITIES OF IMPERATRIZ AND SÃO PEDRO DA ÁGUA BRANCA, USING THE TOOL WATER QUALITY INDEX-IQA

Neuriane Silva Melo¹

Alexsandro Sousa Martins²

Rhamid Kalil Trabulsi³

Neemias Muniz de Souza⁴

Lauralice Ferreira Araújo⁴

Fabio Henrique Ramos Braga⁴

Dayana Dourado de Oliveira Costa³

Fabrcio Brito Silva⁵

Darlan Ferreira Silva⁶

Maria Raimunda Chagas Silva⁶

1 Mestranda em Meio Ambiente, Universidade Ceuma, São Luís-MA

2 Engenharia Ambiental, Universidade Ceuma, São Luís-MA

3 Medicina, Universidade Ceuma, São Luís-MA

4 Mestre em Meio Ambiente, Universidade Ceuma, São Luís-MA

5 Doutor em Sensoriamento Remoto, Universidade Ceuma, São Luís-MA

6 Doutor(a) em Química Analítica, Universidade Ceuma, São Luís-MA

Resumo

O objetivo deste trabalho é fornecer informações, sobre as atuais condições do Rio Tocantins, nos municípios de Imperatriz e São Pedro da Água Branca, através do Índice de Qualidade da Água (IQA). Foram realizadas 4 coletas anuais de água, duas no período seco e duas no período chuvoso. A medição da temperatura dos pontos foi feita in loco, posteriormente as amostras foram armazenadas e encaminhadas ao laboratório para as análises de: pH; fósforo total; turbidez; Oxigênio Dissolvido; Coliformes Termotolerantes e Demanda Bioquímica de Oxigênio, seguindo os procedimentos descritos por APHA. Os resultados dos parâmetros físico-químicos, microbiológicos que caracterizaram o IQA, demonstrou que os pontos analisados estão levemente ácidos, o OD esteve abaixo dos níveis aceitáveis no período chuvoso devido ao esgoto das atividades urbanas lixiviados no rio durante essa época do ano, que também influenciou negativamente nos níveis de fosforo do rio. Em contrapartida, os valores de DBO e turbidez em todos os pontos amostrais estiveram dentro dos padrões proposto pela CONAMA 357/05 que é de 5 mg.L^{-1} e 100 UNT respectivamente. Quanto aos resultados observados das análises de Coliformes Fecais, as amostras no período seco e chuvoso estiveram acima dos valores estabelecidos pela CONAMA 357/05 de até 1000 UFC/mL. De acordo com o cálculo do IQA, os resultados obtidos demonstraram satisfatório em todos os pontos amostrais, sendo assim, a água do rio Tocantins do trecho estudado é classificada como “Boa. Os resultados dos parâmetros de qualidade da água avaliados individualmente proporcionam uma análise mais precisa da situação real do rio, visto que há uma perturbação do corpo hídrico ocasionada pela ação antrópica nas proximidades. Em consideração ao IQA, apesar de ser classificada como Boa, deve se haver uma preocupação com o índice encontrado, pois o mesmo, se aproxima ao valor do enquadramento “Razoável”.

Palavras-chaves: Bacia Hidrográfica, Índice de Qualidade-IQA Rio Tocantins Parâmetros

Abstract

The objective of this work is to provide information about the current conditions of the Tocantins River, in the municipalities of Imperatriz and São Pedro da Água Branca, through the Water Quality Index (IQA). Four annual water collections were carried out, two in the dry season and two in the rainy season. The temperature measurement of the points was made in loco, afterwards the samples were stored and sent to the laboratory for the analysis. of: pH; total phosphorus; turbidity; Dissolved oxygen; Thermotolerant Coliforms and Biochemical Oxygen Demand, following the procedures described by APHA. The results of the physical-chemical, microbiological parameters that characterized the IQA, showed that the points analyzed are slightly acidic, the OD was below acceptable levels in the rainy season due to the sewage from urban activities leached in the river during this time of year, which it also negatively influenced the river's phosphorus levels. In contrast, the BOD and turbidity values at all sample points were within the standards proposed by CONAMA 357/05, which is 5 mg.L^{-1} and 100 UNT respectively. As for the observed results of the analysis of Fecal Coliforms, the samples in the dry and rainy period were above the values established by CONAMA 357/05 of up to 1000 CFU / mL. According to the calculation of the IQA, the results obtained showed satisfactory in all sampling points, therefore, the water of the Tocantins river of the studied section is classified as “Good. The results of the water quality parameters evaluated individually provide a more accurate analysis of the real situation of the river, since there is a disturbance of the water body caused by the anthropic action in the vicinity. In consideration of the IQA, despite being classified as Good, there must be a concern with the index found, as it is close to the value of the “Reasonable” framework.

Keywords: Hydrographic Basin. IQA Quality Index. Tocantins River. Parameters.



1. INTRODUÇÃO

Durante séculos a água foi considerada um bem de domínio público e de quantidade infinita, seu domínio sempre esteve à disposição do homem por ser um recurso natural sustentável, caracterizado pela sua resiliência. Atualmente há um debate mundial maior em relação a esse recurso, pois já se sabe que a água para consumo de qualidade, é finita, e que a urbanização no decorrer dos anos impactou negativamente na qualidade e quantidade disponível desse recurso.

A qualidade da água é um conceito relativo que depende diretamente do uso a que se destina seja este para balneabilidade, consumo humano, irrigação, transporte e manutenção da vida aquática. Para cada um dos usos existe um padrão de qualidade especificado pela legislação. Assim, a política normativa nacional de uso da água, como consta na resolução do CONAMA nº 357, procurou estabelecer parâmetros que definem limites aceitáveis de elementos estranhos, considerando os seus diferentes usos (BRASIL, 2005).

Existem várias metodologias para determinação do Índice de Qualidade da Água (IQA) em todo o mundo, no entanto, cada uma delas avaliando certos parâmetros, que se relacionam melhor com a situação atual do recurso hídrico analisado. Porém, o índice mais conhecido e utilizado por pesquisadores é o índice desenvolvido pela National Sanitation Foundation (NSF) que, a partir da década de 1970, passou a ser utilizado pela CETESB em São Paulo e atualmente é utilizado em outros estados brasileiros (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2020).

O Estado do Maranhão possui um grande potencial hídrico, formado principalmente por bacias hidrográficas, bacias lacustres e águas subterrâneas, que ocupam uma área territorial de 325.650 km² (MARANHÃO, 2006). Possui doze bacias hidrográficas, três de domínio federal e nove de domínio estadual, sendo que maioria dos seus rios são caracterizados por suas grandes extensões e massa d'água (NUGEO, 2009).

A Bacia Hidrográfica do Rio Tocantins caracteriza-se por possuir uma área de 918.822 km² (11% do território nacional) abrangendo os estados de Goiás (21%), Tocantins (30%), Pará (30%), Maranhão (4%), Mato Grosso (15%) e o Distrito Federal (0,1%). Sua configuração é alinhada, com sentido Sul-Norte, seguindo a direção predominante dos cursos d'água principais, os rios Tocantins e Araguaia, que se unem na parte setentrional da região, a partir de onde é denominado rio Tocantins, que segue até desaguar na Baía da Ilha de Marajó (ANA, 2015).

O Rio Tocantins passa pelos municípios de Imperatriz e São Pedro da Água Branca e, recebe água de inúmeros afluentes (riachos ou córregos), que ao longo dos anos devido ao crescimento desordenado das cidades tornaram-se depósito de lixo e esgoto, vindo a serem também fontes de efluentes para o rio.

Devido a esse cenário o objetivo do trabalho é fornecer informações, sobre as atuais condições do Rio Tocantins, entre os municípios de Imperatriz e São Pedro da Água Branca através do Índice de Qualidade da Água (IQA).

2. METODOLOGIA

2.1 Localização e Caracterização da área de estudo

O trecho estudado do Rio Tocantins está localizado nos municípios de Imperatriz e

São Pedro da Água Branca (Figura 1 e 2), na região nordeste brasileira. As coordenadas geográficas do município de Imperatriz são $5^{\circ} 31' 32''$ S e $47^{\circ} 26' 35''$ O Gr., com altitude de 92 metros acima do nível do mar, e o município de São Pedro da Água Branca está sob as coordenadas geográficas $5^{\circ} 00' 01''$ S e $48^{\circ} 17' 29''$ O Gr, situado a 215 metros de altitude.

Nos pontos de coleta amostrais, foram realizadas 4 coletas anuais de água, duas no período seco (julho e setembro) e duas no período chuvoso (fevereiro e abril), para melhor comparação do índice de qualidade das águas nas estações citada.

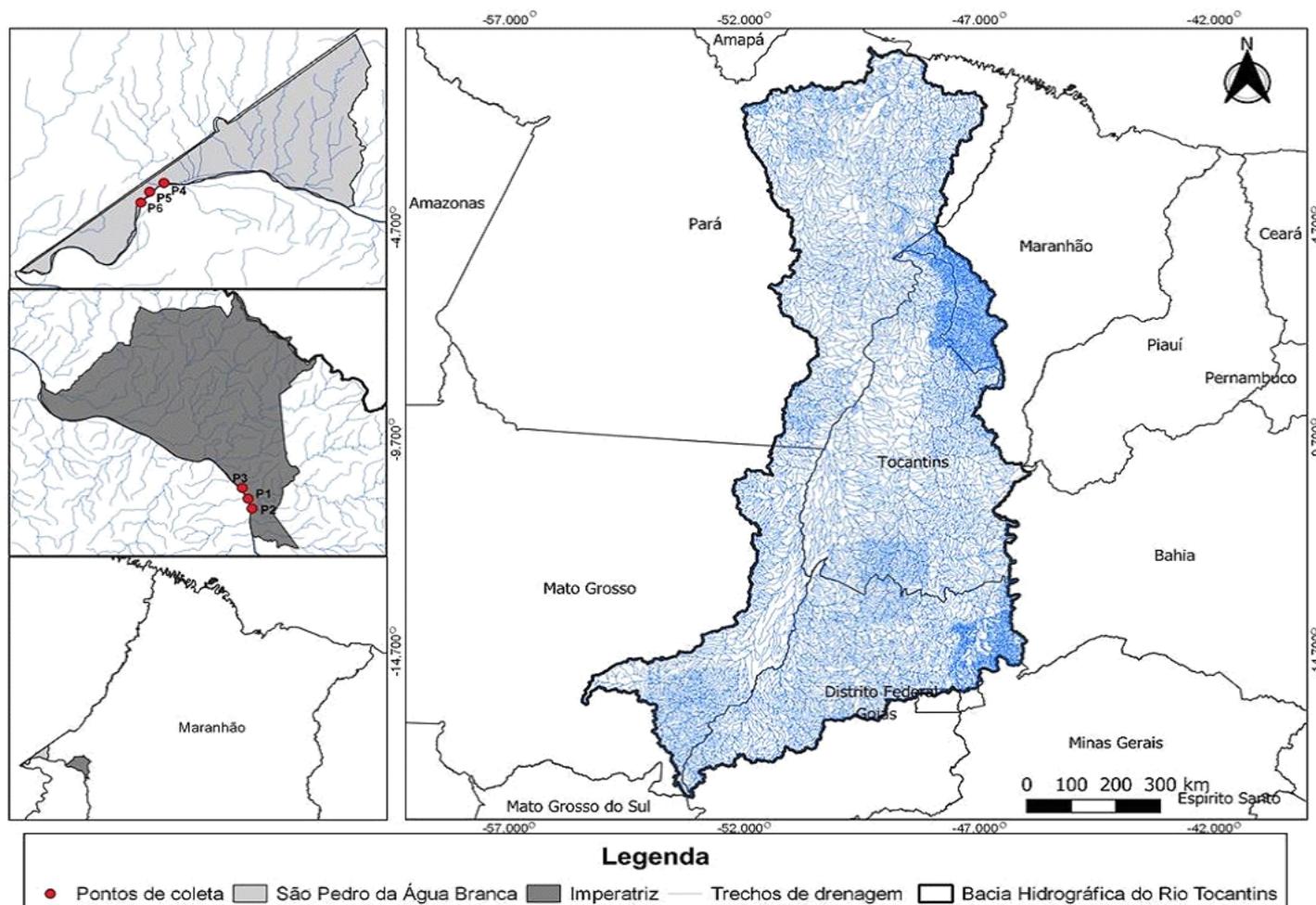


Figura 1. Localização da área de estudo. Autores, 2020, com base em dados da ANA e IBGE.

As coletas foram realizadas em três pontos do rio em cada cidade (Imperatriz e São Pedro da Água Branca), com ênfase nas áreas de maior utilização da comunidade (atividades de pesca, banhos, entre outros) e, para comparação de dados, áreas com pouca ação antrópica.

Os pontos escolhidos no município de Imperatriz foram demarcados pelas coordenadas: P1 (Balsas) $5^{\circ}32'41''$ S e $47^{\circ}29'18''$ W, P2 (Beira Rio) $5^{\circ}32'52''$ S e $47^{\circ}29'12''$ W e P3 (Pescadores) $5^{\circ}32'32''$ S e $47^{\circ}29'12''$ W, e no município de São Pedro da Água Branca delimitados pelas coordenadas: P4 (Molha Farinha) $5^{\circ}11'56''$ S e $48^{\circ}32'08''$ W, P5 (Ponte 657) $5^{\circ}12'24''$ S e $48^{\circ}32'45''$ W e P6 (Praia da Amizade) $5^{\circ}12'43''$ S e $48^{\circ}33'05''$ W.

2.2 Coleta e Preservação das Amostras

As amostras foram coletadas a 30 cm da superfície do rio, contra a corrente, In situ foram medidas as temperaturas dos pontos, e em seguida, as amostras coletadas foram armazenadas em frascos de polietileno e acondicionadas em caixas isotérmicas, onde foram encaminhadas para o Laboratório de Ciências do Ambiente (LACAM) da Universidade Ceuma, para as análises dos seguintes parâmetros: pH; fósforo total; turbidez; Oxigênio Dissolvido; Coliformes Termotolerantes e Demanda Bioquímica de Oxigênio.

2.3 Procedimentos Metodológicos

As análises de água seguiram os procedimentos de: Métodos para as Análises de Águas do Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012). As análises de pH, turbidez, e oxigênio dissolvido foram obtidas através do multiparâmetro Horiba U-10 previamente calibrado.

Para a determinação do fósforo total, as amostras foram analisadas em Fotômetro (HANNA HI 83200). As amostras foram filtradas através de uma bomba de vácuo e em seguida separada em duplicatas para verificação do fósforo total. Após a adição dos reagentes (Kit ProdacTest), foi realizada a leitura no equipamento.

Para a análise da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), as amostras foram incubadas à 20° por 5 dias e determinadas por titulação (Método de Wikler). A análise dos Coliformes Termotolerantes foi obtida através do Kit Colitest®, que após a adição do meio de cultura COLItest®, as amostras foram incubadas à 37 °C por 18 e 48hs, onde foi avaliado qualitativamente a presença de coliformes. Para a quantificação dos coliformes fecais as amostras foram semeadas no meio EMB (Levine Eosin Methylene – Blue Agar) e incubadas novamente no período de 24 horas para a contagem das colônias.

O Índice de Qualidade da Água (IQA), foi desenvolvido pela National Sanitation Foundation (NSF). O resultado do IQA foi avaliado através da equação:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i = w_i \quad \text{equação 1}$$

onde,

IQA - índice de qualidade de água (adimensional);

\prod - multiplicatório;

q_i - qualidade relativa da *i*-ésima variável, um número entre 0 e 100, obtido a partir da curva média de variação da qualidade, em função da sua concentração ou medida (ANA, 2015);

w_i - peso relativo da *i*-ésima variável;

i - número de ordem da variável.

Onde foram feitos os cálculos com sete parâmetros das variáveis físico-químicas do IQA ajustado, uma vez que a soma do fator de correção deve ser “1”, na ausência dos outros dois parâmetros (nitrogênio e resíduo total) proposta pela CETESB 2015, os respectivos pesos foram atribuídos para os demais parâmetros semelhantes (turbidez, oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio), a partir da adequação de seu Q_i , de correção, adaptação esta proposta por Souza *et al.* (2018). O peso para cada parâmetro está descrito na tabela 1.

Parâmetro	Peso
Temperatura da Amostra	0,10
pH	0,12
Oxigênio Dissolvido	0,23
Demanda Bioquímica de Oxigênio	0,16
Coliformes Fecais	0,15
Fósforo Total	0,10
Turbidez	0,14

Tabela 1. Valores do peso de cada parâmetro

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Variação sazonal e temporal dos parâmetros indicativos de qualidade hídrica. Os resultados dos parâmetros físico-químicos, microbiológicos que caracterizaram o índice de qualidade da água (IQA), do trecho estudado do rio Tocantins, localizados nos municípios de Imperatriz e São Pedro da Água Branca dos períodos chuvoso e seco no ano de 2019 a 2020. Na tabela 3 e 4 estão descritos os parâmetros físicos e químicos e o IQA na tabela 2.

Os valores de pH encontrados nas amostras analisadas foram de 5,8 (P4) a 7,35 (P5) para o período chuvoso, e no período seco variou de 4,7 (P4) a 6,8 (P5), onde houve menores valores, indicando meio levemente ácido. Os pontos que estão com menores valores de pH foram os P4 e P5, pode ser justificada pelo arraste de resíduos e efluentes das comunidades vizinhas ao rio ocasionados pelas chuvas, e pelo assoreamento nas margens do rio, valores estes em desacordo com o nível permitido pela CONAMA 357/05 que é de 6 a 9. Padrões semelhantes foram encontrados por Silva et al., (2017) em um estudo da qualidade da água da Bacia do Rio Pindaré no município de Tufilândia, onde encontrou valores entre 5,5 a 6,9 nos períodos seco e chuvoso, respectivamente, em que a acidez foi relacionada a ausência de vegetação nas margens e assoreamento do rio ocasionado pelas atividades agrícolas local.

Valores semelhantes foram encontradas por Alves et al. (2012) em áreas de transição amazônica, com medianas de 5,22 e 6,28, nos períodos chuvoso e menos intensidade chuvosa, respectivamente, onde os valores encontrados revelaram influência por águas ácidas provenientes de outros rios da região.

No período seco, a temperatura variou de 21,5° a 24,5 entre os pontos, enquanto no período chuvoso a variação foi de 21°C a 25°. Os valores da temperatura tanto no período seco quanto o chuvoso foram próximos, ou seja, a sazonalidade local não interferiu na temperatura do corpo hídrico. Os resultados encontrados estão dentro dos padrões aceitáveis que é de até 30°C.

Parâmetros	P1	P2	P3	P4	P5	P6	CONAMA 357/05
pH	6,4±0,57	6,05±0,35	6±0,57	5,8±0,71	7,35±0,07	5,95±0,07	6 a 9
Temperatura (°C)	25±1,41	24,5±0,71	23±2,83	22,5±0,71	23,5±3,54	21±1,41	≤30°C
OD (mg L-1)	5,13±0,04	5,16±0,21	5,49±0,21	4,915±0,16	5,3±0,14	4,84±0,2	≥5 mg/L
DBO (mg L-1)	3,45±0,54	3,45±0,22	5,00±0,01	3,91±0,55	2,47±0,89	4,31±0,28	≤5 mg/L
P Total (mg L-1)	0,12±0,01	0,14±0,08	0,40±0,22	0,06±0,04	0,12±0,12	0,41±0,12	0,1 mg/L
Turbidez (UNT)	11,3±1,78	12±3,25	14,2±3,24	1,59±1,68	22,2±5,49	5,58±1,11	≤100 NTU
Coliformes Fecais (UFC/100mL)	4,04x10 ⁵ ±2,83 x10 ³	3,44x10 ⁵ ±2,26x10 ⁴	4,98x10 ⁵ ±1,07x10 ⁵	2,52x10 ⁵ ±4,81x10 ⁴	1,73x10 ⁵ ±2,12x10 ⁴	7,78x10 ⁵ ±8,77x10 ⁴	1000UFC/mL

Tabela 2. Média e desvio padrão dos valores dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos das amostras do rio Tocantins, período chuvoso. Fonte: Autores, (2020).

Parâmetros	P1	P2	P3	P4	P5	P6	CONAMA 357/05
pH	6,35±0,49	6,05±0,07	6,1±1,13	4,7±0,71	6,8±0,56	4,75±1,06	6 a 9
Temperatura (°C)	23,5±0,71	24,5±0,71	23,5±0,71	21,5±0,71	21,5±0,71	22±1,41	≤30°C
OD (mg L-1)	4,16±0,25	4,2±0,25	4,35±1,06	4,7±0,24	5,16±0,05	4,05±0,06	≥5 mg/L
DBO (mg L-1)	1,42±0,53	1,68±0,54	2,79±0,27	1,58±0,76	1,18±0,24	2,23±0,10	≤5 mg/L
P Total (mg L-1)	0,34±0,02	0,03±0,01	0,53±0,10	0,1±0,07	0,02±0,01	0,38±0,05	0,1 mg/L
Turbidez (UNT)	11,1±0,07	27,2±1,46	6,65±0,02	1,1±0,42	28,1±0,64	3,69±4,36	≤100 NTU
Coliformes Fecais (UFC)	7,3x10 ⁴ ±2,32x10 ⁴	4,5x10 ⁴ ±2,52x10 ⁴	7,5x10 ⁴ ±4,81x10 ³	3,3x10 ⁴ ±1,82x10 ⁴	1,9x10 ⁴ ±2,69x10 ³	8,8x10 ⁴ ±4,78x10 ⁴	1000UFC/mL

Tabela 3. Média e desvio padrão dos valores dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos das amostras do rio Tocantins, no período seco. Valores em média ± desvio padrão (n = 2). OD (Oxigênio Dissolvido), DBO5 (Demanda Química de Oxigênio), P Total (P Total). Fonte: Autores, (2020).

O Oxigênio Dissolvido (OD) presente nas amostras no período chuvoso apresentou média mínima de 4,84 e máxima de 5,49 nos pontos P6 e P3, respectivamente, e, quanto ao período seco os resultados estiveram entre 4,05 (P6) a 5,16 (P5). No período seco quase todos os pontos estiveram abaixo de 5 mg/L, apenas o ponto 5 obteve o valor dentro do permitido pela CONAMA 357/05, esse valor encontrado é em razão a pouca ação antrópica da área e da pouca alteração da paisagem natural onde se encontra.

Os menores valores encontrados nos demais pontos no período chuvoso é devido ao esgoto das atividades urbanas lixiviados no rio durante essa época do ano que, apesar do aumento da vazão do rio, esses efluentes orgânicos em grande quantidade diminui a oxigenação disponível no corpo hídrico. Valores estes observados por Carvalho *et al.* (2004) no ribeirão Ubá, com valores de até 3 mg/L no período chuvoso, em desacordo com a CONAMA 357/05, que apesar das fortes chuvas, não elevou os valores de oxigênio dissolvido nos pontos de maior despejo de esgoto.

A Demanda Química de Oxigênio (DBO5) dos pontos amostrais no período chuvoso apresentaram entre 2,47 mg.L⁻¹ (P5) a 5,00 mg.L⁻¹ (P3), e no período seco, variou de 1,18 mg.L⁻¹ (P5) a 2,79 mg.L⁻¹ (P3). Observou-se que os pontos P5 e P3, apresentaram os valores mínimos e máximos em ambos os períodos estudados, onde o ponto 5 é caracterizado por ser uma área preservada com pouca interferência urbana, e o ponto 3 é ponto de embarque e desembarque de pescadores da região, onde os pescadores despejam restos orgânicos das suas atividades no local analisado, mesmo com o lançamento dos efluentes no corpo d'água, os dados está de dentro do limite da classe 2, de 5 mg.L⁻¹.

Valores diferentes foram encontrados no trabalho feito por Alves *et al.* (2012) onde a Demanda Bioquímica de Oxigênio encontrada foi de $8,67 \text{ mg.L}^{-1}$ no rio Arari na ilha de Marajó. O resultado obtido é explicado pela entrada de matéria orgânica, que pode ocorrer por meio de processos de suspensão ou por ação das marés altas que inundam as margens e carregam materiais orgânicos para o rio estudado.

Ao contaminante fósforo no período chuvoso os valores estiveram entre $0,06 \text{ mg.L}^{-1}$ (P4) e $0,41 \text{ mg.L}^{-1}$ (P6). Já no período de chuvas, os resultados foram de $0,02 \text{ mg.L}^{-1}$ (P5) e $0,53$ (P3). Em geral, todos os pontos apresentaram valores acima do permitido pela CONAMA 357/05 em um ou outro período, com exceção do Ponto 4 com valores de $0,03 \text{ mg.L}^{-1}$, por se tratar apenas uma área de passagem dos ribeirinhos de São Pedro da Água Branca. Quanto as demais amostras, Souza *et al.*; (2018) explica que os altos teores nos corpos hídricos podem estar associados ao lançamento de esgoto doméstico com alto teor de detergentes fosfatados. Sendo assim, possivelmente houve pouca diluição dos resíduos fosfatados no trecho estudado.

A turbidez do trecho estudado do rio Tocantins nos 6 pontos amostrais, no período chuvoso, variou de $1,59 \text{ UNT}$ (P4) a $22,2 \text{ UNT}$ (P5), e no período seco, entre $1,1 \text{ UNT}$ (P4) a $28,1$ (P5), todos de acordo com a CONAMA 357/05 que é de até 100 UNT . A turbidez é diretamente proporcional com a presença de materiais em suspensão, e os valores dependem da vazão, da perturbação e da estabilidade do corpo hídrico a que se estuda, e todas as coletas foram feitas em dias em que não houve precipitação pluviométrica.

Segundo Oliveira (2009) em um estudo a montante do rio Tocantins, afirma que os altos valores de turbidez, provavelmente, devem-se ao fato da ocorrência de chuvas pouco tempo antes da coleta, visto que, está altera os valores de cor e turbidez por carrear material para o leito do rio.

Os resultados observados das análises de Coliformes Fecais das amostras, correspondentes ao período chuvoso e seco, máximo e mínimo entre de $7,78$ a $1,73 \times 10^5 \text{ UFC/mL}$ e de $8,88 \times 10^5$ a $1,9 \times 10^5 \text{ UFC/mL}$ respectivamente, estando todos os pontos em desacordo com a CONAMA 357/05 classe 2, de até 1000 UFC/mL , logo encontram-se inapropriados para atividades recreativas, sendo esses altos valores justificados pelo lançamento de esgotos provenientes nas atividades realizadas próximo ao rio.

Corroborando, Lopes *et al.* (2007) indica que condições de balneabilidade na bacia do Ribeirão de Carrancas-MG em relação a coliformes fecais encontra-se inapropriada para recreação, com valores de coliformes nos pontos chegando a $3.000,000 \text{ NMP/100mL}$, apontando assim, uma interferência significativa do impacto da atividade pecuária e interferências de esgoto domésticos, sobre a qualidade das águas no Ribeirão de Carrancas.

3.1 Índice de Qualidade da Água

Os resultados obtidos através do índice de qualidade da água, demonstraram satisfatório em todos os pontos amostrais no período seco e chuvoso, sendo assim, a água do rio Tocantins do trecho estudado é classificada como “Boa”, conforme resultados apresentados na Tabela 4.

Ponto	Estação	IQA	Classificação
P1	Seca	53,0	Boa
	Chuvosa	53,0	Boa
P2	Seca	53,6	Boa
	Chuvosa	53,0	Boa
P3	Seca	54,5	Boa
	Chuvosa	62,1	Boa
P4	Seca	54,5	Boa
	Chuvosa	54,3	Boa
P5	Seca	55,2	Boa
	Chuvosa	52,8	Boa
P6	Seca	54,5	Boa
	Chuvosa	54,3	Boa

Tabela 4. Classificação da água do rio Tocantins em função do IET e IQA. Fonte: Autores, (2020).

Nível de qualidade	Ótima	Boa	Razoável	Ruim	Péssima
Faixa	$79 < IQA \leq 100$	$51 < IQA \leq 79$	$36 < IQA \leq 51$	$19 < IQA \leq 36$	$IQA \leq 19$

*Faixa da categoria.

Tabela 5. Níveis de qualidade da água de acordo com o valor de IQA. Fonte: (ANA, 2015, Souza, et al; 2018).

Não foi identificado diferença significativa dos valores de IQA entre os pontos e estações, a média total das 12 amostras, 6 no período seco e 6 no período chuvoso, foi de 54,5. Resultados semelhantes foram encontrados por Lopes *et al.* (2008) em suas amostragens de água no baixo no rio Groaíras, em torno de 65, os valores obtidos são em decorrência principalmente dos esgotos domésticos da cidade lançados diretamente no rio sem nenhum tratamento.

Os valores encontrados foram satisfatórios, principalmente devido aos parâmetros que foram estáveis durante os dois períodos sazonais. Dentre eles, a presença de fósforos em todas as amostras, que permanece dentro dos padrões estabelecidos pela CONAMA 357/05, mesmo sendo um dos parâmetros com menor peso (w) do índice de qualidade da água, fez diferença quanto ao resultado do IQA. Em um estudo feito por Costa *et al.* (2013) na parte mineira da bacia do rio Paranaíba, o parâmetro Fósforo Total se destacou de forma negativa, pelas altas concentrações presente nas amostras, resultando em um dos principais motivos para a diminuição do IQA do corpo hídrico.

A turbidez em todas as amostras também esteve dentro dos padrões aceitáveis, influenciando positivamente nos valores de q (qualidade relativa da i-ésima variável), pois quanto melhor é a qualidade da água, maior é o valor de q e conseqüentemente se tem maiores valores de IQA. Resultados diferentes foram encontrados por Junior *et al.* (2007), onde constataram na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Castelo, que as maiores discrepâncias para o IQA do corpo hídrico estudado foram referentes principalmente dos altos valores de Turbidez, nos pontos de coleta dos anos de 2000 e 2001. Sendo este um dos parâmetros fundamentais no resultado do índice.

4. CONCLUSÃO

Os resultados dos parâmetros de qualidade da água avaliados individualmente proporcionaram uma análise mais precisa da situação real do trecho estudado do rio Tocantins, visto que há uma perturbação do corpo hídrico ocasionada pela ação antrópica nas proximidades do rio, onde parâmetros como pH, coliformes fecais, fósforo entre outros; em alguns pontos, estiveram em desacordo com os níveis de poluição aceitável pela CONAMA 357/05.

De acordo com o Índice de Qualidade da Água o trecho estudado do rio Tocantins se enquadra como “Boa”, não havendo diferenças significativas quanto dos valores de IQA entre os pontos e estações, entretanto, deve haver uma preocupação quanto a média do valor do índice de qualidade da água encontrado, pois, este se aproxima do valor do enquadramento “Razoável” que é ≤ 51 , devendo assim ter uma melhor gestão do uso e ocupação da área próximo ao rio.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Portal da qualidade das águas. **Indicadores de qualidade**. Índice de qualidade das águas (IQA). 2015. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso em: 18 abr. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Panorama da qualidade da Qualidade das Águas Superficiais do Brasil. **Carta de recursos hídricos**. Brasília, DF. v. 1, p. 175, 2015.

ANDRIETTI, Grasiane et al. Índices de qualidade da água e de estado trófico do rio Caiabi, MT. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 1, p. 162-175, 2016.

APHA. 2012, **Standard Methods for the examination of water and waste-water**. 25.ed. New York, McGraw-HILL, p. 720p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.

COSTA, F. B.; FERREIRA, V. DE O. Análise de parâmetros que compõem o índice de qualidade das águas (IQA) na porção mineira da Bacia do Rio Paranaíba / Analysis of parameters that composing the water quality index (WQI) in the portion of the Minas Gerais State of the Paranaíba River Basin. **Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia**, v. 7, n. 18, 13 nov. 2018.

JUNIOR, R. M. DE C.; SOBREIRA, F. G.; BORTOLOTTI, F. D. Modelagem Geoestatística a partir de Parâmetros de Qualidade Da Água (Iqa-Nsf) para A Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Castelo (Es) Usando Sistema De Informações Geográficas. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 59, n. 3, 11.

Lopes, Fernando & Dos, Adunias & Teixeira, Adunias & Andrade, Eunice. (2008). Mapa da qualidade das águas do rio Acaraú, pelo emprego do IQA e Geoprocessamento. **Revista Ciência Agrônômica**.

LOPES, F. W. A. **Avaliação da qualidade das águas e condições de balneabilidade na bacia do ribeirão de Carrancas-MG**. Universidade Federal de Lavras. 96p, 2007.

NUGEO - Núcleo Geoambiental. **Regiões Hidrográficas do Maranhão**. UEMA/NUGEO, 2009. Disponível em < https://www.nugeo.uema.br/?page_id=255 > . Acesso em 20 de ago de 2020.

OLIVEIRA, Daniela Alves et al. **VARIAÇÃO NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DA ÁGUA DO RIO TOCANTINS A JUSANTE DA USINA HIDRELÉTRICA SERRA DA MESA (GO), EM DIFERENTES ÉPOCAS DO ANO. 2009**.

Souza, Neemias & Araújo, Wanderson & Costa Rodrigues, Eduardo & Silva, Maria. (2018). Spatial and temporal evaluation of the water quality index and trophic state index of the Curuçá River, Maranhão, Brazil. **Ciência e Natura**. 40. 58. 10.5902/2179460X34437.

CARVALHO, C. F.; FERREIRA, A. L.; STAPELFELDT, F. Qualidade das águas do Ribeirão Ubá - MG. **Rem: Rev. Esc. Minas, Ouro Preto**, v. 57, n. 3, p. 165-172, Sept. 2004. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-44672004000300005&lng=en&nrm=iso>. access on 03 Nov. 2020.



16

SAZONALIDADE E EPIDEMIOLOGIA DA INFEÇÃO POR ZIKAVIRUS NAS CAPITAIS DO BRASIL

SEASONALITY AND EPIDEMIOLOGY OF ZIKAVIRUS INFECTION IN BRAZILIAN CAPITALS

Benedito Sabbak Thomé Júnior¹

Heiderson Cordeiro Nogueira¹

Emerson Frank Silva de Souza¹

Gilmárcia Pinheiro Pereira¹

Iris Maria Pereira Pacheco²

Maria Claudia Gonçalves³

Wolia Costa Gomes⁴

Angela Falcai⁵

1 Mestrando(a) em Gestão de Programas e Serviços de Saúde, Universidade Ceuma, São Luís-MA

2 Medicina, Universidade Ceuma, São Luís-MA

3 Doutora em Medicina, Universidade Ceuma, São Luís-MA

4 Doutora em Engenharia de Processos, Universidade Ceuma, São Luís-MA

5 Doutora em Imunologia, Universidade Ceuma, São Luís-MA

Resumo

A infecção pelo vírus Zika emergiu como uma ameaça global à saúde pública, desencadeando surtos epidêmicos em regiões tropicais e subtropicais, com destaque para o Brasil devido às complicações neurológicas graves associadas, como a Síndrome Congênita do Zika e a Síndrome de Guillain-Barré. Este estudo investigou a sazonalidade da infecção pelo Zika nas capitais brasileiras, utilizando dados epidemiológicos de 2016 a agosto de 2023. Os resultados revelaram que no período analisado, as capitais mais afetadas foram Rio de Janeiro, Goiânia, Palmas, Manaus, Fortaleza, Cuiabá, Brasília, São Luís e Maceió, com maior incidência em 2016 e uma sazonalidade durante os meses chuvosos. O perfil sociodemográfico dos casos indicou uma predominância de adultos jovens do sexo feminino, com ensino médio, raça parda, não gestantes e diagnóstico clínico-laboratorial. Essas descobertas destacam a importância de estratégias de prevenção direcionadas a grupos específicos, a consideração de fatores socioeconômicos e raciais, bem como o impacto nos sistemas de saúde. Além disso, enfatizam a necessidade contínua de pesquisa e desenvolvimento de vacinas e tratamentos. Os resultados deste estudo fornecem informações cruciais para orientar políticas públicas visando a redução da incidência da Zika e a proteção da saúde da população.

Palavras chaves: Zika; sazonalidade; Brasil

Abstract

Zika virus infection has emerged as a global threat to public health, triggering epidemic outbreaks in tropical and subtropical regions, with Brazil being particularly notable due to the severe neurological complications associated with it, such as Congenital Zika Syndrome and Guillain-Barré Syndrome. This study investigated the seasonality of Zika infection in Brazilian capitals, using epidemiological data from 2016 to August 2023. The results revealed that during the analyzed period, the most affected capitals were Rio de Janeiro, Goiânia, Palmas, Manaus, Fortaleza, Cuiabá, Brasília, São Luís, and Maceió, with higher incidence in 2016 and a seasonality during the rainy months. The sociodemographic profile of cases indicated a predominance of young adult females, with a high school education, mixed race, non-pregnant, and clinical-laboratory diagnosis. These findings underscore the importance of prevention strategies targeting specific groups, considering socioeconomic and racial factors, as well as the impact on healthcare systems. Furthermore, they emphasize the ongoing need for research and development of vaccines and treatments. The results of this study provide crucial insights to guide public policies aimed at reducing Zika incidence and protecting the health of the population.

Keywords: Zika; seasonality; Brazil.



1. INTRODUÇÃO

A infecção pelo vírus Zika emergiu como uma preocupação global de saúde pública nas últimas décadas, desencadeando uma série de surtos epidêmicos em várias regiões tropicais e subtropicais do mundo (FERRARIS; YSSEL; MISSÉ, 2019). No Brasil, em particular, o vírus Zika ganhou destaque significativo devido à sua associação com complicações neurológicas graves, como a Síndrome Congênita do Zika, que afeta recém-nascidos, e a Síndrome de Guillain-Barré, uma condição neurológica autoimune (CHRISTIAN; SONG; MING, 2019).

A infecção pelo vírus Zika (ZIKV) é uma doença viral transmitida principalmente pela picada do mosquito *Aedes aegypti*, e que foi originalmente identificado na década de 1940 na Floresta Zika, em Uganda, mas ganhou destaque internacional nas últimas décadas devido a surtos significativos em várias partes do mundo, incluindo o Brasil (PIELNAA *et al.*, 2020).

O Brasil, com sua vasta extensão territorial e diversidade climática, apresenta um ambiente propício para a disseminação sazonal de arbovírus, incluindo o Zika. As capitais brasileiras, como centros urbanos densamente povoados e com elevada mobilidade populacional, estão particularmente suscetíveis a surtos recorrentes de doenças transmitidas por mosquitos, incluindo o Zika (LI; ZHAO, 2021). A compreensão da sazonalidade e da epidemiologia dessa infecção é fundamental para o desenvolvimento de estratégias de prevenção e controle eficazes (ATTAWAY *et al.*, 2017).

Este estudo tem como objetivo investigar a sazonalidade da infecção pelo vírus Zika nas capitais do Brasil, analisando dados epidemiológicos ao longo de um período substancial. A compreensão das variações sazonais e dos determinantes epidemiológicos da infecção pelo Zika nas capitais brasileiras é crucial para melhorar a vigilância, planejamento e resposta a futuros surtos, bem como para proteger a saúde das populações vulneráveis.

2. METODOLOGIA

2.1 Coleta de dados epidemiológicos

Para coleta de dados epidemiológicos foi utilizado o banco de dados DATASUS (Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde). Foram coletados dados das capitais do Brasil de onde foram considerados os casos de Zika nos anos de 2016 a agosto de 2023 e nos meses de janeiro a dezembro. Além disso, foram coletados dados sociodemográficos (idade, escolaridade, etnia e gênero dos pacientes). Os registros de casos de arboviroses, como a Zika, são obtidos a partir de notificações feitas por profissionais de saúde, hospitais, laboratórios e outros prestadores de serviços de saúde. Essas notificações são obrigatórias e seguem os protocolos e diretrizes estabelecidos pelas autoridades de saúde. Os dados epidemiológicos coletados e armazenados no DATASUS encontram-se disponibilizados para acesso público: (<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defthtm.exe?sinanet/cnv/zikabr.def>)

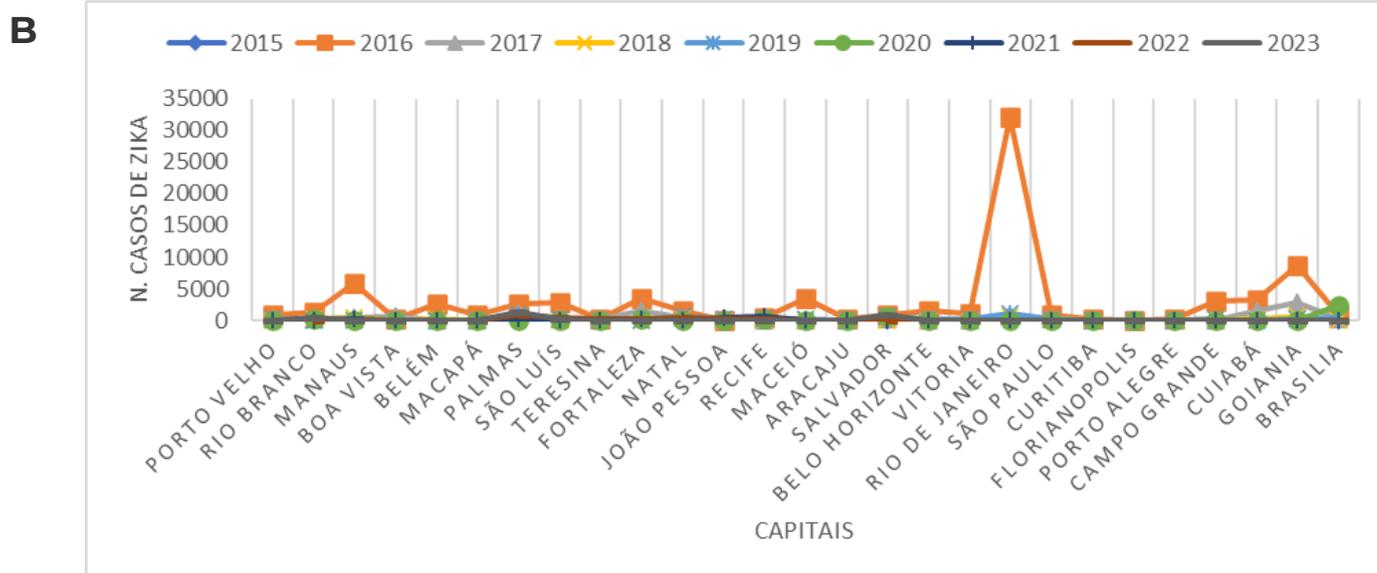
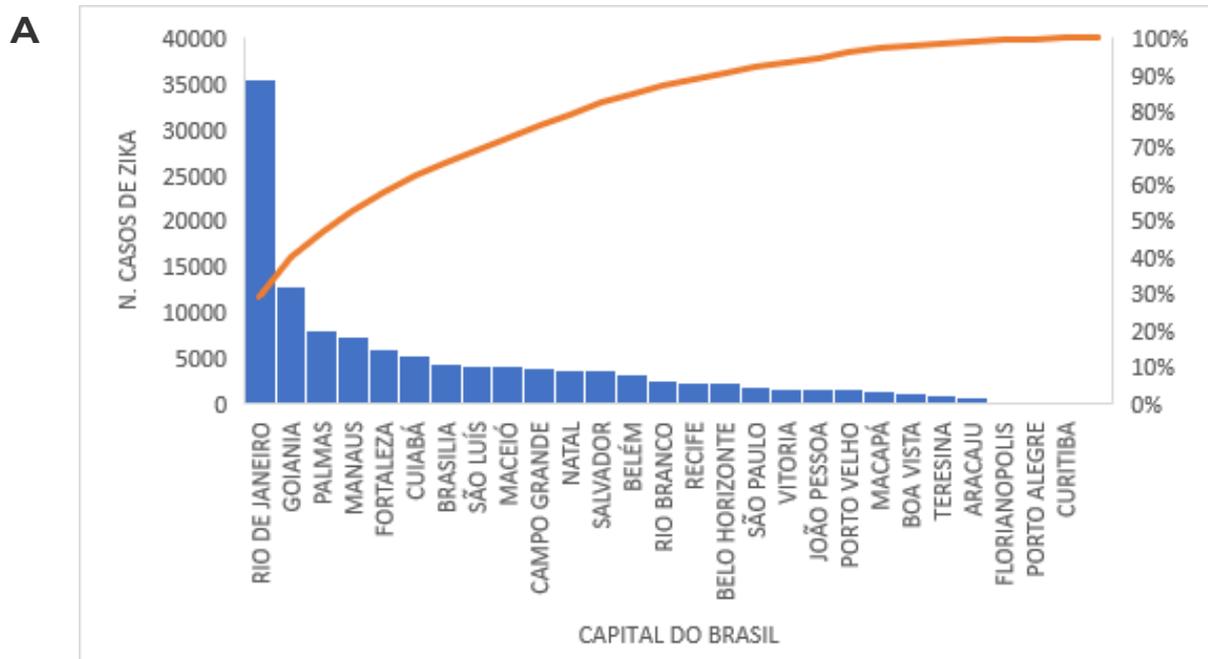
2.2 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram classificados em ordem decrescente, levando em conside-

ração o número de casos de dengue e o gráfico de Pareto foi construído utilizando as proporções acumuladas dessas variáveis. Para análises temporal por ano e por mês foram calculadas a frequência dos casos de Zika para cada período. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software GraphPad Prism 9.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram avaliados o número de casos de Zika nas 27 capitais do Brasil, totalizando 120.508 casos entre os anos de 2016 e 2023. Pelo gráfico de Pareto, identificou-se que Rio de Janeiro, Goiânia, Palmas, Manaus, Fortaleza, Cuiabá, Brasília, São Luís e Maceió foram as cidades responsáveis por 80% dos casos de Zika no país (Figura 1A). Ao analisar o período de 2016 a 2023, verificou-se que o ano com maior incidência de casos foi em 2016 (Figura 1B). Os meses com maior frequência de casos de Zika foram janeiro, fevereiro, março e abril (Figura 1C).



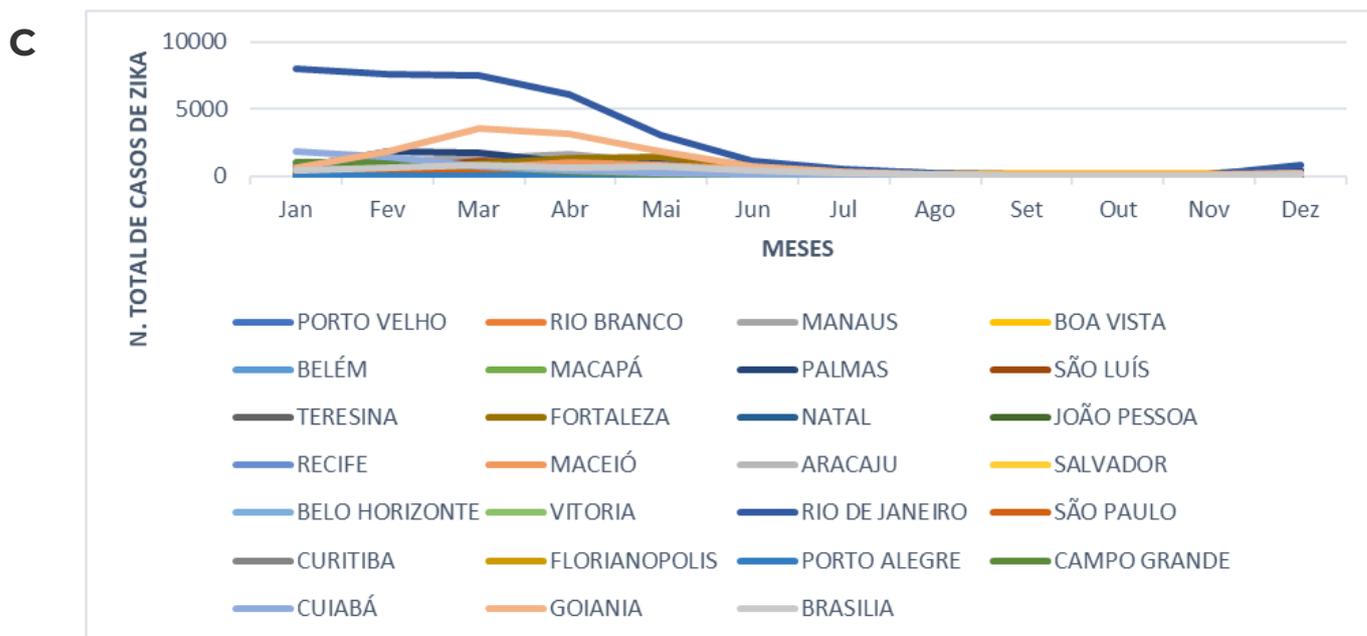


Figura 1. Análise temporal dos casos de ZIKA nas capitais Brasil. A. Gráfico de Pareto, mostrando o número total de casos de Zika nas capitais do Brasil. B. Análises temporal de 2016 a 2023 dos casos de Zika em cada capital do Brasil. C. Análise temporal dos casos de Zika nas capitais do Brasil de acordo com os meses do ano.

Estas análises dos dados apresentados sobre os casos de Zika nas 27 capitais do Brasil revela informações importantes relacionados à epidemiologia, saúde pública e controle de doenças transmitidas por vetores. A concentração dos casos pode ser influenciada por fatores como densidade populacional, condições climáticas e presença de mosquitos *Aedes aegypti*, que são os principais vetores (SONG *et al.*, 2017).

O ano com maior incidência de casos foi 2016, e os meses com maior frequência de casos foram janeiro, fevereiro, março e abril. Esses resultados sugerem uma sazonalidade na transmissão do vírus Zika e podem estar relacionados a fatores climáticos e comportamentais, como a temporada de chuvas, que cria condições ideais para a reprodução dos mosquitos vetores. Um estudo de epidemiologia realizada em Minas Gerais (MG), mostrou um pico de maior prevalência em março de 2016 (IANI *et al.*, 2021). Além disso, artigos científicos que investigam a sazonalidade da Zika e os fatores associados podem fornecer insights importantes para o planejamento de estratégias de controle (BLACK *et al.*, 2019; FAYE *et al.*, 2020).

Além disso, estudo sugere que a temperatura baixa diminui a eficiência da replicação do genoma do Zika vírus nas células do mosquito, demonstrando que as condições climáticas podem limitar a replicação do vírus (TESLA *et al.*, 2022). Com isso, considerando a sazonalidade da doença, medidas preventivas sazonais, como campanhas de conscientização e controle de mosquitos, podem ser implementadas nos meses de maior incidência. Estudos que avaliam a eficácia dessas medidas de controle, bem como sua aceitação pela população, são relevantes para o desenvolvimento de políticas de saúde pública eficazes.

De acordo com as análises do perfil sociodemográficas foi observado uma predominância de pessoas com idade entre 20 a 39, com escolaridade no ensino médio, do sexo feminino, raça parda, não gestante e com diagnóstico clínico – laboratorial (Tabela 1).

Variáveis	Todas as capitais
Idade	
Ign/Branco	21
1- 09 anos	13944
10 -19 anos	16649
20 0 39 anos	54895
40 a 59 anos	27181
acima de 60 anos	7818
Escolaridade	
Ign/Branco	67246
Analfabeto	299
Ensino fundamental I	4577
Ensino fundamental II	8710
Ensino Médio	20301
Ensino Superior	8811
Não se aplica	10564
Sexo	
Ignorado	71
Masculino	38907
Feminino	81530
Raça	
Ign/Branco	46032
Branca	21721
Preta	4208
Amarela	1218
Parda	47027
Indígena	302
Gestante	
Ign/Branco	15232
1º Trimestre	3987
2º Trimestre	6210
3º Trimestre	5718
Idade gestacional Ignorada	425
Não	37609
Não se Aplica	51327
Classificação	
Ign/Branco	16061
Laboratório	25207
Clínico-epidemiológico	79240

Tabela 1. Perfil sociodemográficos dos casos de Zika nas capitais do Brasil. Fonte: Autores (2023)

Os resultados das análises do perfil sociodemográfico dos casos de Zika são importantes para compreender a dinâmica da doença e desenvolver estratégias de prevenção e controle mais eficazes. Observa-se que a predominância de casos de Zika ocorre em pessoas adulta - jovem e do sexo feminino. A predominância de casos entre pessoas com escolaridade no ensino médio e raça parda sugere que a Zika afeta diversas camadas da população. Estes indicadores socioeconômicos e demográficos podem indicar que a prevalência da infecção teve impactos diferentes de acordo com classe social, sexo, refletindo

a heterogeneidade no Brasil (MOCELIN *et al.*, 2020). Essa informação é relevante para direcionar campanhas de conscientização que atendam a diferentes níveis de escolaridade e considerem as disparidades socioeconômicas e raciais.

Casos em mulheres grávidas são especialmente preocupantes devido aos riscos de complicações para o feto. Portanto, é fundamental que as gestantes sejam alvo de medidas preventivas e de diagnóstico precoce. Eles destacam a necessidade de estratégias de prevenção que atendam a grupos específicos, como mulheres em idade fértil, e considerem fatores socioeconômicos e raciais (DUARTE *et al.*, 2017). Estudo realizado na América Latina também identificou uma maior prevalência em mulheres jovens e o monitoramento da gravidez resultou nas identificações de complicações fetais relacionadas ao Zika (FERNÁNDEZ MARTÍNEZ *et al.*, 2019).

Esses resultados têm implicações significativas para a saúde pública e enfatizam a importância da vigilância epidemiológica para identificar casos e rastrear tendências ao longo do tempo. Esses dados sociodemográficos podem ser usados para direcionar recursos e esforços de prevenção de maneira mais eficaz. Os altos números de casos de Zika têm um impacto significativo nos sistemas de saúde, especialmente nas áreas mais afetadas. É importante discutir como esses casos afetam a capacidade de resposta dos sistemas de saúde, a demanda por serviços médicos e os custos associados ao tratamento da Zika (DE AMORIN VILHARBA *et al.*, 2023).

Por fim, a alta incidência de Zika, especialmente em certas áreas, destaca a necessidade contínua de pesquisa e desenvolvimento de vacinas e tratamentos. Os dados apresentados podem servir como base para a identificação de áreas prioritárias para pesquisa e alocação de recursos. É importante discutir o progresso atual na pesquisa de vacinas e tratamentos contra a Zika e as perspectivas futuras.

4. CONCLUSÃO

As capitais mais afetadas foram Rio de Janeiro, Goiânia, Palmas, Manaus, Fortaleza, Cuiabá, Brasília, São Luís e Maceió, principalmente no ano de 2016. Observou-se uma sazonalidade nos meses com período chuvoso. Os dados sociodemográficos destacam um perfil predominante em pessoas de idade entre 20 e 39 anos, com ensino médio, do sexo feminino, raça parda, não gestantes e com diagnóstico clínico-laboratorial. Essas informações são valiosas para direcionar campanhas de conscientização e estratégias de prevenção que atendam às características da população mais afetada. Esses resultados fornecem informações cruciais para o planejamento e a implementação de políticas públicas de combate à Zika no Brasil, visando reduzir a incidência da doença e mitigar seus impactos na saúde da população.

Referencias

ATTAWAY, D. F. *et al.* Zika virus: Endemic and epidemic ranges of Aedes mosquito transmission. **Journal of Infection and Public Health**, v. 10, n. 1, p. 120–123, jan. 2017.

BLACK, A. *et al.* Genomic epidemiology supports multiple introductions and cryptic transmission of Zika virus in Colombia. **BMC Infectious Diseases**, v. 19, n. 1, p. 963, dez. 2019.

CHRISTIAN, K. M.; SONG, H.; MING, G. Pathophysiology and Mechanisms of Zika Virus Infection in the Nervous System. **Annual Review of Neuroscience**, v. 42, n. 1, p. 249–269, 8 jul. 2019.

DE AMORIN VILHARBA, B. L. *et al.* Disease burden of congenital Zika virus syndrome in Brazil and its associa-

tion with socioeconomic data. **Scientific Reports**, v. 13, n. 1, p. 11882, 23 jul. 2023.

DUARTE, G. et al. Zika Virus Infection in Pregnant Women and Microcephaly. **Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia / RBGO Gynecology and Obstetrics**, v. 39, n. 05, p. 235–248, maio 2017.

FAYE, O. et al. Genomic Epidemiology of 2015–2016 Zika Virus Outbreak in Cape Verde. **Emerging Infectious Diseases**, v. 26, n. 6, p. 1084–1090, jun. 2020.

FERNÁNDEZ MARTÍNEZ, B. et al. La enfermedad por virus Zika en España. Resultados de la vigilancia y epidemiología de los casos notificados en 2015-2017. **Medicina Clínica**, v. 153, n. 1, p. 6–12, jul. 2019.

FERRARIS, P.; YSSEL, H.; MISSÉ, D. Zika virus infection: an update. **Microbes and Infection**, v. 21, n. 8–9, p. 353–360, out. 2019.

IANI, F. C. M. et al. Epidemiology and evolution of Zika virus in Minas Gerais, Southeast Brazil. **Infection, Genetics and Evolution**, v. 91, p. 104785, jul. 2021.

LI, F.; ZHAO, X.-Q. Global Dynamics of a Reaction–Diffusion Model of Zika Virus Transmission with Seasonality. **Bulletin of Mathematical Biology**, v. 83, n. 5, p. 43, maio 2021.

MOCELIN, H. J. S. et al. Analysis of the spatial distribution of cases of Zika virus infection and congenital Zika virus syndrome in a state in the southeastern region of Brazil: Sociodemographic factors and implications for public health. **International Journal of Gynecology & Obstetrics**, v. 148, n. S2, p. 61–69, jan. 2020.

PIELNAA, P. et al. Zika virus-spread, epidemiology, genome, transmission cycle, clinical manifestation, associated challenges, vaccine and antiviral drug development. **Virology**, v. 543, p. 34–42, abr. 2020.

SONG, B.-H. et al. Zika virus: History, epidemiology, transmission, and clinical presentation. **Journal of Neuroimmunology**, v. 308, p. 50–64, jul. 2017.

TESLA, B. et al. Temperate Conditions Limit Zika Virus Genome Replication. **Journal of Virology**, v. 96, n. 10, p. e00165-22, 25 maio 2022.



17

O USO DA AVALIAÇÃO DE IMPACTO NA ANÁLISE DA EFETIVIDADE DA POLÍTICA PÚBLICA “MARANHÃO VERDE”

THE USE OF IMPACT ASSESSMENT IN THE ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF THE “MARANHÃO VERDE” PUBLIC POLICY

Verônica Duarte da Silva¹

Hellany Erika Costa Batista¹

Samyra Waquim Mascarenhas¹

Ronald da Silva de Jesus¹

Flávia Melyssa Da Silva Rabelo²

Wellyson da Cunha Araújo Firmo³

Marcio Aleandro Correia Teixeira⁴

Eduardo Henrique Costa Rodrigues⁵

Rita de Cássia Mendonça Miranda⁶

Fabício Brito Silva⁷

1 Mestrando(a) em Meio Ambiente, Universidade Ceuma, São Luís-MA

2 Engenharia Ambiental, Universidade Ceuma, São Luís-MA

3 Doutor em Biodiversidade e Biotecnologia, Universidade Ceuma, São Luís-MA

4 Doutor em Políticas Públicas, Universidade Ceuma, São Luís-MA

5 Doutor em Ciências Ambientais, Universidade Ceuma, São Luís-MA

6 Doutora em Biologia de Fungos, Universidade Ceuma, São Luís-MA

7 Doutor em Sensoriamento Remoto, Universidade Ceuma, São Luís-MA

Resumo

O Maranhão, estado localizado na região nordeste do Brasil, possui uma extensa área de cobertura florestal, sendo a maior parte dela concentrada na Amazônia Legal. A política pública “Maranhão Verde” foi instituída em 2017 pelo Governo do Estado do Maranhão, com o objetivo de promover ações de reflorestamento, conservação e recuperação ambiental em áreas degradadas. Neste artigo, foi avaliada a política pública com o objetivo de medir o efeito da mesma sobre o desmatamento e a ocorrência de focos de queimadas na região. Para isso, serão comparados dados oficiais dos anos de 2017 a 2022, sobre a área desmatada e a área de focos de queimadas após a criação e implementação da política pública. A metodologia utilizada foi a avaliação de impacto. Ao longo dos anos analisados, exceto em 2018, observamos um número significativo de ocorrências de focos de queimadas. Isso indica que a prevenção e o combate a incêndios são questões que demandam atenção constante. A constatação de que os dados de desmatamento nos municípios foram baixos nos anos de 2017, 2018, 2019, 2021 e 2022, com base no Terra Brasilis, é uma notícia encorajadora. A política tem o potencial de ser um exemplo de sucesso na promoção da conservação ambiental e do desenvolvimento sustentável em nível estadual. Os resultados alcançados até o momento são promissores, porém há espaço para melhorias.

Palavras-chave: Desmatamento, Queimadas, Meio Ambiente.

Abstract

Maranhão, a state located in the northeast region of Brazil, has an extensive area of forest cover, most of which is concentrated in the Legal Amazon. The public policy “Maranhão Verde” was instituted in 2017 by the Government of the State of Maranhão, with the aim of promoting reforestation, conservation and environmental recovery actions in degraded areas. In this article, public policy was evaluated with the aim of measuring its effect on deforestation and fire outbreaks in the region. To this end, official data from 2017 to 2022 will be compared, on the deforested area and the area of fire outbreaks after the creation and implementation of the public policy. The methodology used was impact assessment. Over the years analyzed, except in 2018, we observed a significant number of fire outbreaks. This indicates that preventing and fighting fires are issues that require constant attention. The finding that deforestation data in the municipalities were low in the years 2017, 2018, 2019, 2021 and 2022, based on Terra Brasilis, is encouraging news. The policy has the potential to be an example of success in promoting environmental conservation and sustainable development at the state level. The results achieved so far are promising, but there is room for improvement.

Keywords: Deforestation, Burning, Environment.



1. INTRODUÇÃO

O Maranhão, estado localizado na região nordeste do Brasil, possui uma extensa área de cobertura florestal, sendo a maior parte dela concentrada na Amazônia Legal. Contudo, apesar da sua importância ambiental e econômica, a região enfrenta problemas de desmatamento e focos de queimada. As causas são variadas, como a expansão da agropecuária, a exploração madeireira ilegal, a mineração, preparação de terra para plantio e a construção de infraestrutura. O desmatamento e as queimadas trazem consequências graves para o ecossistema local (BARBOSA, 2020).

O Maranhão enfrenta desafios significativos relacionados ao desmatamento e às queimadas, que têm impactos adversos em sua biodiversidade e no clima local. De acordo com dados disponíveis até setembro de 2021, o estado registrou um aumento nas taxas de desmatamento, especialmente na Amazônia maranhense. Isso se deve em parte à expansão da agricultura e ao desmatamento ilegal. Além disso, as queimadas sazonais também representam uma ameaça, contribuindo para a degradação das florestas e para a emissão de gases de efeito estufa. A preservação dos recursos naturais e a implementação de políticas eficazes de conservação ambiental são cruciais para mitigar esses problemas e proteger o rico ecossistema do Maranhão (BRASIL, 2023).

A política pública “Maranhão Verde” foi instituída em 2017 pelo Governo do Estado, com o objetivo de promover ações de reflorestamento, conservação e recuperação ambiental em áreas degradadas. Por meio dessa iniciativa, busca-se incentivar a adoção de práticas sustentáveis, desenvolvimento econômico e social baseado na sustentabilidade ambiental e a conscientização da população sobre a importância da preservação. O programa visa, ainda, combater o desmatamento ilegal, promover a recuperação de áreas degradadas e estimular o uso racional dos recursos naturais, visando um equilíbrio entre o desenvolvimento humano e a proteção do meio ambiente (RECOMPOSIÇÃO DE ECOSISTEMAS, 2021).

Além de suas metas de reflorestamento e conservação ambiental, a política pública também tem se destacado por sua iniciativa de inclusão social e econômica dos jovens do estado. O programa oferece bolsas para estudantes, mulheres chefes de família e outros, que atuam como agentes de mobilização e conscientização ambiental em suas comunidades (MARANHÃO, 2022).

No entanto, ao comparar os dados relativos às áreas desmatadas e aos focos de queimadas antes e depois da implementação da política pública, surge a necessidade de avaliar o impacto dessa política nas taxas de desmatamento e nos incidentes de queimadas na região. Portanto, o objetivo deste artigo é analisar a eficácia da política pública e o seu efeito sobre esses indicadores ambientais na região.

2. METODOLOGIA

2.1 Caracterização da área de estudo

O Estado do Maranhão é um estado localizado na região Nordeste do Brasil e é uma região que se destaca pela sua biodiversidade e riqueza cultural, tornando-se uma importante área de estudo para diversas áreas do conhecimento.

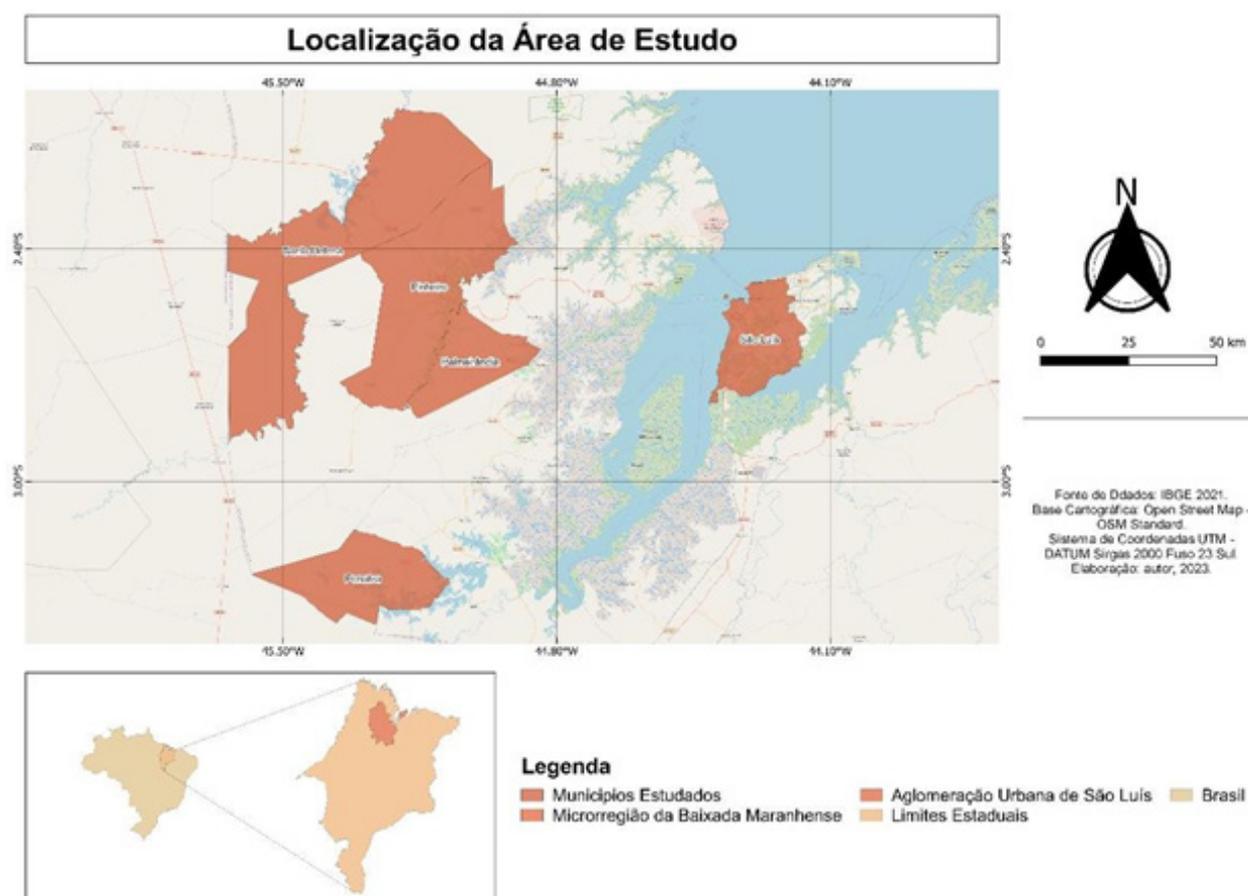


Figura 1. Mapa da área do estado a ser estudado

Fonte: Autores (2023)

A escolha dos municípios de São Luís, Santa Helena, Penalva, Palmeirândia e Pinheiro para realizar a avaliação de impacto na efetividade da política pública pode ser justificada por razões como: diversidade geográfica e ecológica, disponibilidade de dados, bem como tamanho e população, pois São Luís é a maior cidade e possui uma população significativa, enquanto os outros municípios são de menor porte. Isso possibilita a análise da política em diferentes escalas populacionais e suas implicações.

2.2 Avaliação de Impacto

A avaliação de impacto é uma abordagem sistemática e rigorosa utilizada para mensurar e analisar os efeitos de uma intervenção, programa ou política pública sobre determinados resultados ou indicadores. Ela busca responder perguntas específicas, como: “Quais foram os resultados alcançados?”, “Quais foram os efeitos positivos e negativos?” (DUFLO; BANERJEE, 2017).

Essa metodologia visa fornecer evidências sólidas e confiáveis sobre a efetividade de uma política pública, permitindo uma melhor compreensão. Ao analisar o impacto de uma política, se busca identificar quais aspectos estão funcionando bem e quais podem ser aprimorados, contribuindo para o aperfeiçoamento e otimização das ações governamentais (BANERJEE; DUFLO, 2012).

2.3 Avaliação da redução de áreas desmatadas e de focos de queimada

A avaliação da redução de áreas desmatadas e de focos de queimada é uma importante dimensão na análise da efetividade da política pública. Através da utilização de métodos de avaliação de impacto, é possível mensurar de forma objetiva os efeitos dessa política na preservação ambiental. Uma das abordagens utilizadas nessa avaliação é a análise de dados geoespaciais, que permite mapear as áreas desmatadas e os focos de queimada ao longo do tempo. Por meio de técnicas de sensoriamento remoto, como o uso de imagens de satélite, é possível quantificar e visualizar o desmatamento e a ocorrência de queimadas em diferentes períodos (BRASIL, 2023).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A política pública “Maranhão Verde” tem sido uma iniciativa muito importante. As avaliações de seus resultados demonstraram avanços significativos e tornou-se evidente a necessidade de aprimorar abordagens existentes e buscar soluções mais eficazes e adaptáveis às demandas atuais. Foram utilizados dados gráficos para avaliar a eficácia da política pública em dois tópicos cruciais: redução do foco de queimadas e desmatamento.

3.1 Focos de Queimadas

O BD queimadas é um site de banco de dados que reúne informações sobre ocorrências de queimadas e é uma ferramenta importante para auxiliar no processo. Ao analisarmos os dados referentes aos municípios no período de 2017 a 2022, apresentando na figura 2, podemos identificar algumas tendências.

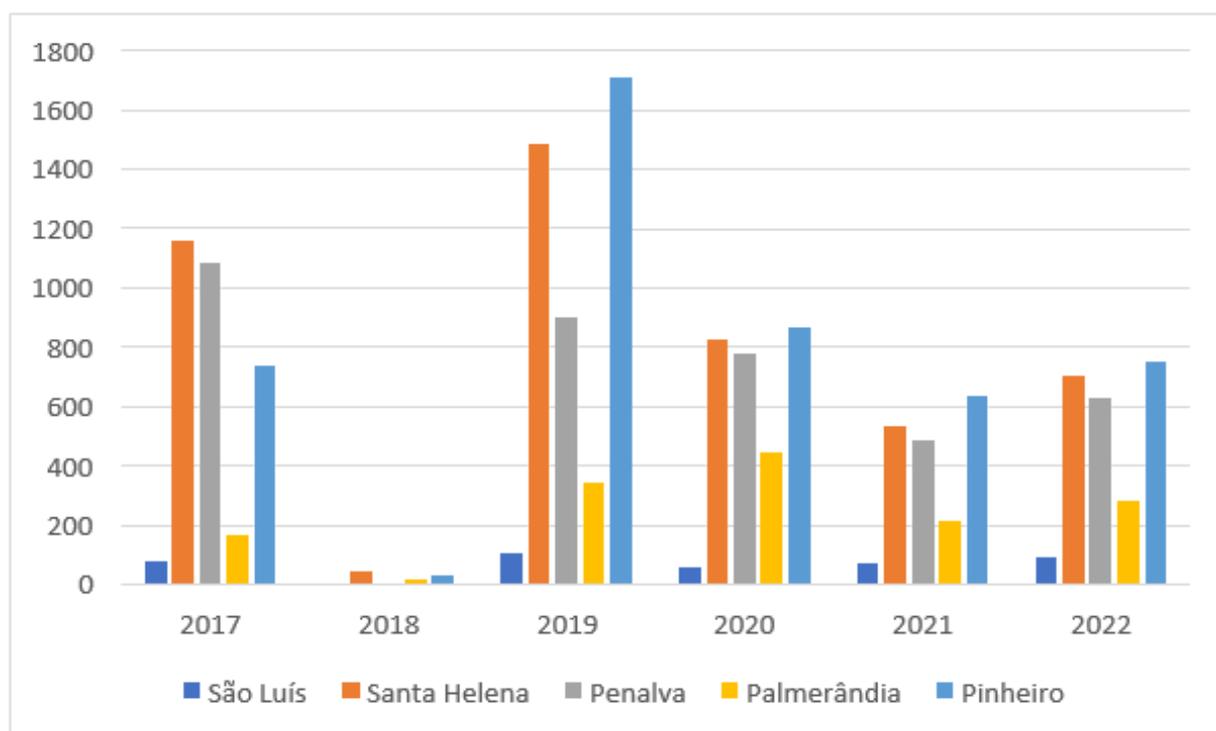


Figura 2. Dados de focos de queimadas por municípios do Maranhão.

Fonte: Adaptado de BD Queimadas (2023)

Dados coletados do BD queimadas revelam que, ao longo dos anos analisados, com exceção de 2018, foram registradas um número significativo de ocorrências de queimadas na região. Um estudo realizado por Garcia *et al.* (2019), que analisaram a efetividade de uma política de prevenção de queimadas no Amazonas, identificou desafios semelhantes aos observados no Maranhão. A pesquisa destacou que as queimadas são um problema recorrente, com múltiplas causas, sejam elas, causas humanas ou climáticas. Esses números alarmantes em alguns anos, podem ser consequências de inúmeros fatores, como por exemplo, condições climáticas desfavoráveis, práticas agrícolas inadequadas e ação humana de forma irresponsável. As queimadas representam uma das maiores problemáticas ambientais da atualidade que é o fato de que elas possuem múltiplas causas, tanto de origem humana quanto climática.

Outro estudo realizado por Klink (2015), avaliou os resultados de uma política de prevenção e combate a incêndios florestais em uma região do cerrado. Os autores identificaram que, mesmo com a implementação de medidas de prevenção, ainda ocorreram focos de queimadas, indicando a necessidade de uma abordagem contínua e adaptável. Essa conclusão ressoa com os dados observados nos municípios, onde apesar de variações nos registros de queimadas ao longo dos anos, o problema persiste.

Um fator que pode contribuir para o aumento dos focos de queimadas nas regiões analisadas é o clima. Estudos como o de Giglio, Randerson e Werf (2013) sobre análise das áreas queimadas, apontam que condições climáticas secas e quentes favorecem a propagação do fogo, tornando as áreas mais suscetíveis a incêndios. É possível que os municípios em questão tenham enfrentado essas condições climáticas.

Outro fator que está alinhado com as conclusões de estudos é, por exemplo, uma pesquisa conduzida por Rodrigues *et al.* (2016) em uma região do Pantanal brasileiro, onde constatou que a maior parte dos focos de incêndio era originada por atividades humanas, como queimadas para preparo do solo e descarte inadequado de materiais inflamáveis. Portanto, a combinação de condições climáticas favoráveis e ação humana irresponsável pode explicar o aumento significativo dos focos de queimadas.

Ao analisarmos os dados de queimadas do ano de 2018, observamos uma diminuição significativa nas ocorrências em relação a outros anos. Essa redução é um fator positivo, no entanto, é importante lembrar que a diminuição das queimadas em um único ano não significa muito, já que nos anos seguintes, podemos observar que os números aumentaram. Essa oscilação nos números de queimadas é um fenômeno complexo e pode estar relacionada a diversos fatores. Estudos corroboram essa ideia ao analisarem a eficácia de políticas públicas na redução de queimadas em diferentes regiões. Por exemplo, uma pesquisa por Arruda *et al.* (2018) avaliaram a implementação de medidas de prevenção e controle de incêndios florestais em uma área do Cerrado brasileiro. Os resultados mostraram que, apesar de um período inicial de sucesso na redução, houve uma recorrência das ocorrências nos anos seguintes devido a uma combinação de fatores, como mudanças nas políticas governamentais e variações climáticas.

3.2 Áreas de Desmatamento

O Terra Brasilis é um sistema de informações geográficas (SIG) desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) do Brasil. Esse sistema é utilizado para monitorar e disponibilizar dados relacionados ao uso da terra e ao desmatamento na Amazônia brasileira. Ao analisarmos os dados referentes aos municípios no período de 2017 a 2022, apresentando na figura 3, podemos identificar algumas tendências.



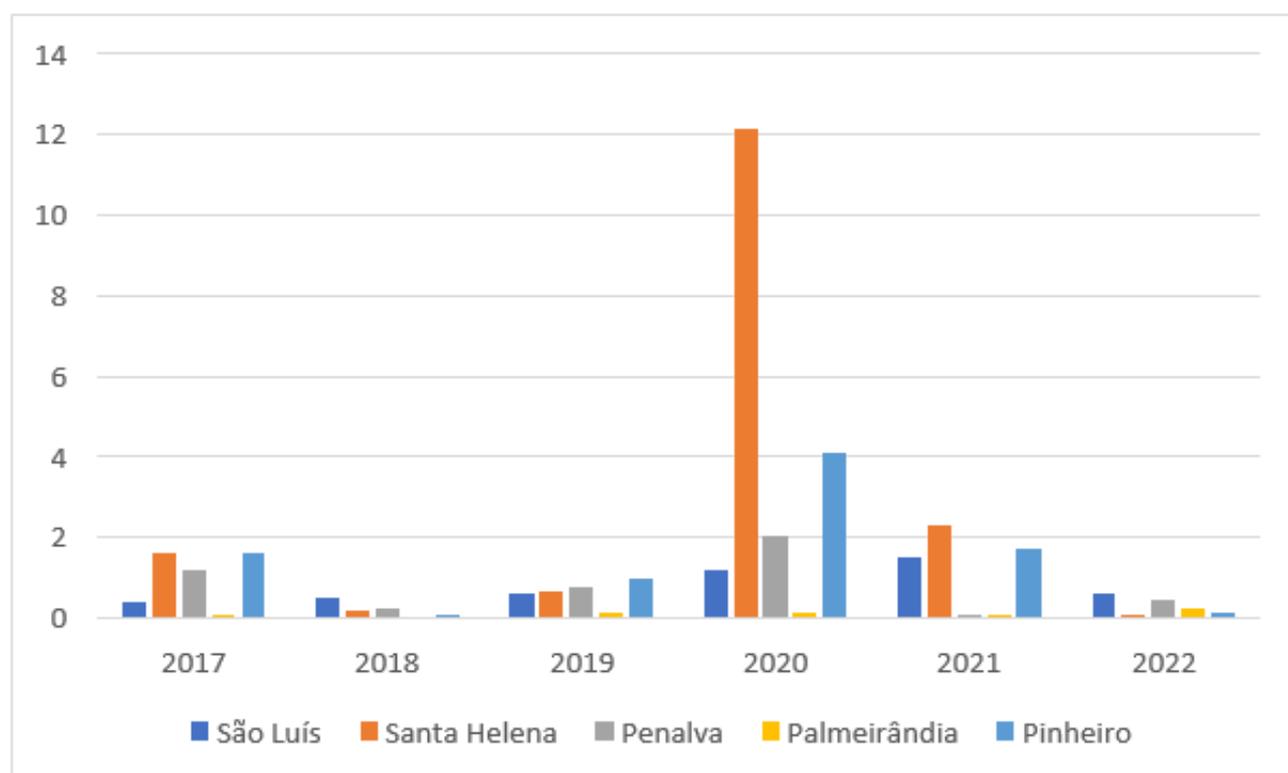


Figura 3. Dados de desmatamento (Área/KM) por municípios do Maranhão.

Fonte: Adaptado de Terra Brasilis (2023)

A constatação de que os dados de desmatamento nos municípios de foram baixos nos anos de 2017, 2018, 2019, 2021 e 2022, com base no Terra Brasilis, é uma notícia encorajadora. Essa redução indica que esforços de conservação estão sendo bem-sucedidos nessas regiões, mas também ressalta a importância contínua de medidas de proteção ambiental. Com base em uma pesquisa conduzida por Mello e Artaxo (2017), onde analisou a implementação de políticas públicas e estratégias de controle do desmatamento na Amazônia brasileira, obtiveram resultados parecidos, onde demonstraram que ações como a criação de unidades de conservação e a intensificação da fiscalização contribuíram para a redução das taxas de desmatamento na região.

Os dados de desmatamento alarmantemente altos nos municípios de São Luís, Santa Helena, Pinheiro e Penalva exclusivamente no ano de 2020, de acordo com o Terra Brasilis, indicam uma preocupante tendência de degradação ambiental isolada. Diversos fatores podem ter contribuído para esse aumento preocupante, e é importante considerar o possível impacto da pandemia de COVID-19 nesse cenário. A pandemia da COVID-19 teve impactos significativos em várias áreas da sociedade, incluindo a questão ambiental. A crise sanitária exigiu medidas restritivas, como lockdowns e distanciamento social, que afetaram a capacidade de fiscalização e controle de atividades ilegais, como o desmatamento. Além disso, as restrições econômicas e a redução da renda de muitas pessoas podem ter levado a um aumento da exploração de recursos naturais como uma forma de sobrevivência. Essa interação entre a pandemia e o aumento do desmatamento tem sido discutida em estudos recentes, por exemplo, um estudo conduzido por Ellwanger et al. (2020) que investigou os impactos da COVID-19 no desmatamento na Amazônia brasileira.

Além disso, através de estudo realizado por Amador-Jiménez *et al.* (2020), outro motivo que deve ser levado em consideração é a expansão agrícola desordenada causada pelo lockdown. Essas restrições impactaram significativamente a economia e a subsistência

das pessoas, levando-as a procurar alternativas para ganhar dinheiro e garantir sua sobrevivência. Com a falta de renda e a incerteza em relação ao futuro, muitas pessoas podem ter recorrido ao desmatamento como uma forma de obter recursos financeiros rápidos, seja por meio da exploração madeireira ilegal ou da abertura de áreas para a agricultura e pecuária. Essa busca por fontes alternativas de renda pode ter levado ao aumento do desmatamento no ano de 2020. No entanto, é importante ressaltar que o aumento do desmatamento em 2020 não pode ser atribuído exclusivamente às medidas de *lockdown* e distanciamento social.

4. CONCLUSÃO

A análise dos focos de incêndio em uma região é uma tarefa complexa devido à diversidade de motivos que podem desencadear tais eventos. Incêndios podem ser causados por interferência humana, bem como por fatores climáticos. A combinação desses fatores torna desafiador identificar e compreender as causas específicas dos incêndios em uma determinada área. Já a correlação entre os dados de desmatamento baixos nos municípios é um exemplo significativo de como iniciativas governamentais podem contribuir para a preservação ambiental e o desenvolvimento sustentável.

No contexto da análise da eficácia da política pública “Maranhão Verde” é relevante considerar a importância de selecionar os municípios que estão enfrentando os maiores desafios relacionados ao desmatamento e às queimadas. Apesar dos municípios de São Luís, Santa Helena, Penalva, Palmeirândia e Pinheiro fornecerem uma perspectiva valiosa sobre a implementação da política, é necessário reconhecer que nenhum deles está entre os municípios que apresentam os maiores índices de desmatamento e queimadas. Adicionalmente, é importante estabelecer critérios específicos e consistentes para a seleção dos municípios a serem estudados. Esses critérios podem incluir indicadores como taxas de desmatamento, incidência de queimadas, tamanho das áreas afetadas, presença de unidades de conservação ou áreas protegidas, entre outros. Seguir critérios pré-definidos garantirá que a escolha dos municípios seja baseada em critérios objetivos e transparentes, aumentando a confiabilidade e a comparabilidade dos resultados obtidos.

A política “Maranhão Verde” tem o potencial de ser um exemplo de sucesso na promoção da conservação ambiental e do desenvolvimento sustentável em nível estadual. Os resultados alcançados até o momento são promissores, porém há espaço para melhorias. No entanto, é necessário um compromisso contínuo por parte do governo, aliado à participação ativa da sociedade civil e ao monitoramento constante, para garantir que os benefícios sejam sustentáveis a longo prazo.

Referências

AMADOR-JIMÉNEZ, Mónica et al. The Unintended Impact of Colombia's Covid-19 Lockdown on Forest Fires. **Environmental And Resource Economics**, [S.L.], v. 76, n. 4, p. 1081-1105, ago. 2020. Mensal. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10640-020-00501-5>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32836864/>. Acesso em: 23 maio 2023.

ARRUDA, F. V., SOUSA, D. G., TERESA, F. B., PRADO, V. H. M., CUNHA, H. F., IZZO, T. J. Trends and gaps of the scientific literature about the effects of fire on Brazilian Cerrado. **Biota Neotropica**. 18(1): e20170426. <http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2017-0426>.

BANERJEE, Abhijit Vinayak; DUFLO, Esther. **Poor Economics**: a radical rethinking of the way to fight global poverty. France, India: Public Affairs, 2012. 303 p.



BARBOSA, Catarina (ed.). **No Maranhão, 80% da floresta amazônica já foi devastada: região é alvo de queimadas, desmatamento ilegal e violência contra povos indígenas e populações tradicionais.** 2020. Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/2020/06/30/no-maranhao-80-da-floresta-amazonica-ja-foi-devastada>. Acesso em: 10 maio 2023.

BD QUEIMADAS. INEP: focos por município. 2023. **INEP** (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira). Disponível em: <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas#graficos>. Acesso em: 17 maio 2023.

BRASIL. Prodes. Prodes (comp.). **Monitoramento do Desmatamento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite.** 2022. INEP. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>. Acesso em: 21 maio 2023.

BRASIL. Inpe. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Monitoramento do desmatamento no bioma Amazônia Legal.** 2021. Disponível em: <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/alerts/legal/amazon/pa/>. Acesso em: 05 abr. 2023.

DUFLO, Esther; BANERJEE, Abhijit (ed.). **Handbook of Field Experiments.** North-Holland: Science Direct, 2017. 528 p.

ELLWANGER, Joel Henrique et al. Beyond diversity loss and climate change: impacts of amazon deforestation on infectious diseases and public health. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, [S.L.], v. 92, n. 1, p. 1-33, 2020. Anual. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765202020191375>. Disponível em: Beyond diversity loss and climate change: Impacts of Amazon deforestation on infectious diseases and public health. Acesso em: 23 maio 2023.

GARCIA, Jose Javier Gómez et al. **RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO DE MEIO TERMO DA EFETIVIDADE DO FUNDO AMAZÔNIA:** 2008-2018. 2008-2018. 2019. Fundo Amazônia. Disponível em: <https://www.fundoamazonia.gov.br/export/sites/default/pt/.galleries/documentos/monitoramento-avaliacao/5.avaliacoes-externas/FA-Relatorio-Avaliacao-Meio-Termo-Fundo-Amazonia.pdf>. Acesso em: 21 maio 2023.

GIGLIO, Louis; RANDERSON, James T.; WERF, Guido R. van Der. Analysis of daily, monthly, and annual burned area using the fourth-generation global fire emissions database (GFED4). **Journal Of Geophysical Research: Biogeosciences**, [S.L.], v. 118, n. 1, p. 317-328, mar. 2013. Monthly. American Geophysical Union (AGU). <http://dx.doi.org/10.1002/jgrg.20042>. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jgrg.20042>. Acesso em: 22 maio 2023.

KLINK, Carlos (org.). **PPCerrado.** Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado. 2015. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: http://combateaodesmatamento.mma.gov.br/images/conteudo/PPCerrado_2aFase.pdf. Acesso em: 21 maio 2023.

MARANHÃO, Governo do (ed.). **Programas de Governo incentivam a recuperação e conservação ambiental.** 2022. Governo do Maranhão. Disponível em: <https://www.ma.gov.br/noticias/programas-de-governo-incentivam-a-recuperacao-e-conservacao-ambiental>. Acesso em: 17 maio 2023.

MELLO, Natália Girão Rodrigues de; ARTAXO, Paulo. Evolução do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal. **Revista do Instituto de Estudos Brasileiros**, [S.L.], n. 66, p. 1-22, 1 abr. 2017. Mensal. Universidade de Sao Paulo, Agência USP de Gestão da Informação Acadêmica (AGUIA). <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2316-901x.v0i66p108-129>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rieb/a/msDPhRYtxf-Fyh4tvnp5SYrG/?lang=pt>. Acesso em: 22 maio 2023.

RECOMPOSIÇÃO DE ECOSSISTEMAS. Mato Grosso: Abema, v. 2, n. 3, jun. 2021. Mensal. **Meio Ambiente e Sustentabilidade.** Disponível em: https://www.abema.org.br/images/arquivos/2021/abema_revista_n3.pdf. Acesso em: 17 maio 2023.

RODRIGUES, Marcelayne Farias et al. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 328:** aspectos motivacionais para o uso do fogo na agricultura no distrito federal e entorno. 2016. EMBRAPA. Disponível em: http://bbeletronica.cpac.embrapa.br/versaomodelo/html/2016/bolpdp/bold_328.shtml. Acesso em: 23 maio 2023.

TERRA BRASILIS. Prodes (org.). **Incrementos do Desmatamento.** 2023. Disponível em: http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal_amazon/increments. Acesso em: 17 maio 2023.

18

AVALIAÇÃO DO PROGRAMA “MAIS SANEAMENTO” NA CIDADE DE SÃO LUÍS: O IMPACTO NO RANKING NACIONAL DE SANEAMENTO

*EVALUATION OF THE “MAIS SANEAMENTO” PROGRAM IN THE CITY OF SÃO LUÍS:
THE IMPACT ON THE NATIONAL SANITATION RANKING*

Ronald da Silva de Jesus¹

Wallison de Souza Camara¹

Verônica Duarte da Silva¹

Flávia Melyssa Da Silva Rabelo²

Maria Lucia Alvino³

Josédla Fraga Costa Carvalho⁴

Maria Raimunda Chagas Silva⁵

Eduardo Henrique Costa Rodrigues⁶

Paulo Cesar Mendes Villis⁷

Fabrício Brito Silva⁸

-
- 1 Mestrando(a) em Meio Ambiente, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 2 Engenharia Ambiental, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 3 Mestre em Meio Ambiente, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 4 Doutora em Ciências Sociais, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 5 Doutora em Química Analítica, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 6 Doutor em Ciências Ambientais, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 7 Doutor em Química Inorgânica, Universidade Ceuma, São Luís-MA
 - 8 Doutor em Sensoriamento Remoto, Universidade Ceuma, São Luís-MA

Resumo

O Saneamento Ambiental é um conjunto de medidas que estipulam ações de preservação e melhoria da qualidade de vida do meio ambiente e indivíduo, focando na qualidade da água, ar, solo. Entretanto, para que essas ações sejam adotadas, devem ser implementados serviços de tratamento e abastecimento de água e esgoto, gerenciamento de resíduos, limpeza urbana e drenagem pluvial para uma melhora do ambiente. Deste modo, o presente estudo teve como objetivo avaliar o Programa “Mais Saneamento” em comparação aos dados no Ranking Nacional de Saneamento na cidade de São Luís-MA. Foi realizada uma revisão bibliográfica nas bases de dados, Google Acadêmico e SciELO para obtenção de dados sobre a problemática estudada, baseando-se na metodologia de Avaliação de Impactos, para análise e comparação de dados acerca de programas e políticas públicas relacionadas ao meio ambiente. Tendo em vista as metodologias utilizadas, foi observado que embora o programa “Mais Saneamento” tenha de fato investido em algumas ações voltadas para a melhoria do saneamento ambiental na capital maranhense, a mesma ainda continua entre as piores cidades brasileiras em termos de saneamento se comparado aos outros municípios, apresentando índices inferiores tanto em investimento como em eficiência. Deste modo, para que haja uma universalização do saneamento, é necessário um investimento em políticas públicas que categorizem serviços de qualidade e ações de conscientização para que a população saiba da importância do saneamento ambiental e sua relação com a saúde pública. Caso essas medidas sejam ofertadas, a cidade de São Luís-MA garante um futuro mais sustentável e saudável.

Palavras-chave: Saneamento Ambiental; Programa Mais Saneamento; Política Pública; Avaliação de Impactos.

Abstract

Environmental sanitation is a set of measures that stipulate actions to preserve and improve the quality of life of the environment and individuals, focusing on the quality of water, air and soil. However, for these actions to be adopted, water and sewage treatment and supply, waste management, urban cleaning and rainwater drainage services must be implemented to improve the environment. The aim of this study was to evaluate the “Mais Saneamento” Program in comparison with the data in the National Sanitation Ranking for the city of São Luís-MA. A bibliographic review was carried out in the Google Scholar and SciELO databases to obtain data on the problem studied, based on the Impact Assessment methodology for analyzing and comparing data on programs and public policies related to the environment. In view of the methodologies used, it was observed that although the “Mais Saneamento” program has indeed invested in some actions aimed at improving environmental sanitation in the capital of Maranhão, it is still among the worst Brazilian cities in terms of sanitation compared to other municipalities, with lower rates of both investment and efficiency. Therefore, in order to achieve universal sanitation, it is necessary to invest in public policies that categorize quality services and raise awareness so that the population is aware of the importance of environmental sanitation and its relationship with public health. If these measures are put in place, the city of São Luís-MA will have a more sustainable and healthy future.

Keywords: Environmental Sanitation; Saneamento; Program; Public Policy; Impact Assessment.

1. INTRODUÇÃO

O saneamento ambiental é caracterizado por um conjunto de ações de preservação ao meio ambiente, que visa promover serviços de tratamento e coleta de esgoto, gerenciamento de resíduos sólidos, tratamento e abastecimento de água e serviços de drenagem urbana para garantir o equilíbrio ambiental. Todavia, esses serviços não são realizados de maneira adequada e com essa ineficácia, o saneamento acaba afetando a qualidade de vida da população e de atividades comerciais. Caso não haja um saneamento correto, além do prejuízo para a saúde da população de São Luís, também pode haver um declínio na renda dos comerciários, totalizando no término de suas atividades (LIMA *et al.*, 2018).

O acesso ao saneamento é considerado algo fundamental e universal, pois está diretamente relacionado com a saúde pública e qualidade de vida do ser humano e ambiente. Entretanto, esse serviço ainda não é igualitário em todas as regiões da capital maranhense. Muitas vezes esses problemas ocorrem pelo fato de não haver um investimento adequado ou até mesmo por conta de o indivíduo não ter um conhecimento de como o saneamento é importante para a sua saúde. Deste modo, é necessário que haja uma avaliação de serviços de saneamento prestados, para que haja uma visão ampliada sobre os impactos gerados e assim, ser colocado em prática novos programas e melhorias para o saneamento da região (DANTAS *et al.*, 2022).

Além do mais, a falta de saneamento pode sujeitar o indivíduo a condições desfavoráveis de vida, como problemas de saúde causados por meio de doenças que decorrem da falta de ações nessa área, além da carência de informação que prejudica a população no seu cotidiano. Os problemas se agravam ainda mais quando não ocorrem investimentos nos serviços, implementação de políticas públicas, e fiscalização adequada (SILVA, 2020).

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo, avaliar a eficácia do Programa “Mais Saneamento” através da metodologia de Avaliação de Impactos na cidade de São Luís do Maranhão.

2. METODOLOGIA

Este estudo trata-se de uma revisão bibliográfica com intuito de identificar soluções para a área temática abordada. Foi realizada uma busca de artigos e revistas científicas que serviram como base de dados, como Google Acadêmico e SciELO (Scientific Electronic Library) para as revisões serem efetuadas da melhor forma acerca do assunto trabalhado.

2.1 Área de Estudo

O estudo foi realizado na cidade de São Luís, Maranhão, com intuito de avaliar a eficácia do Programa “Mais Saneamento” e elucidar se os serviços de saneamento foram implementados de maneira benéfica para a população. Na figura 1, está o Mapa da cidade de São Luís, Maranhão.

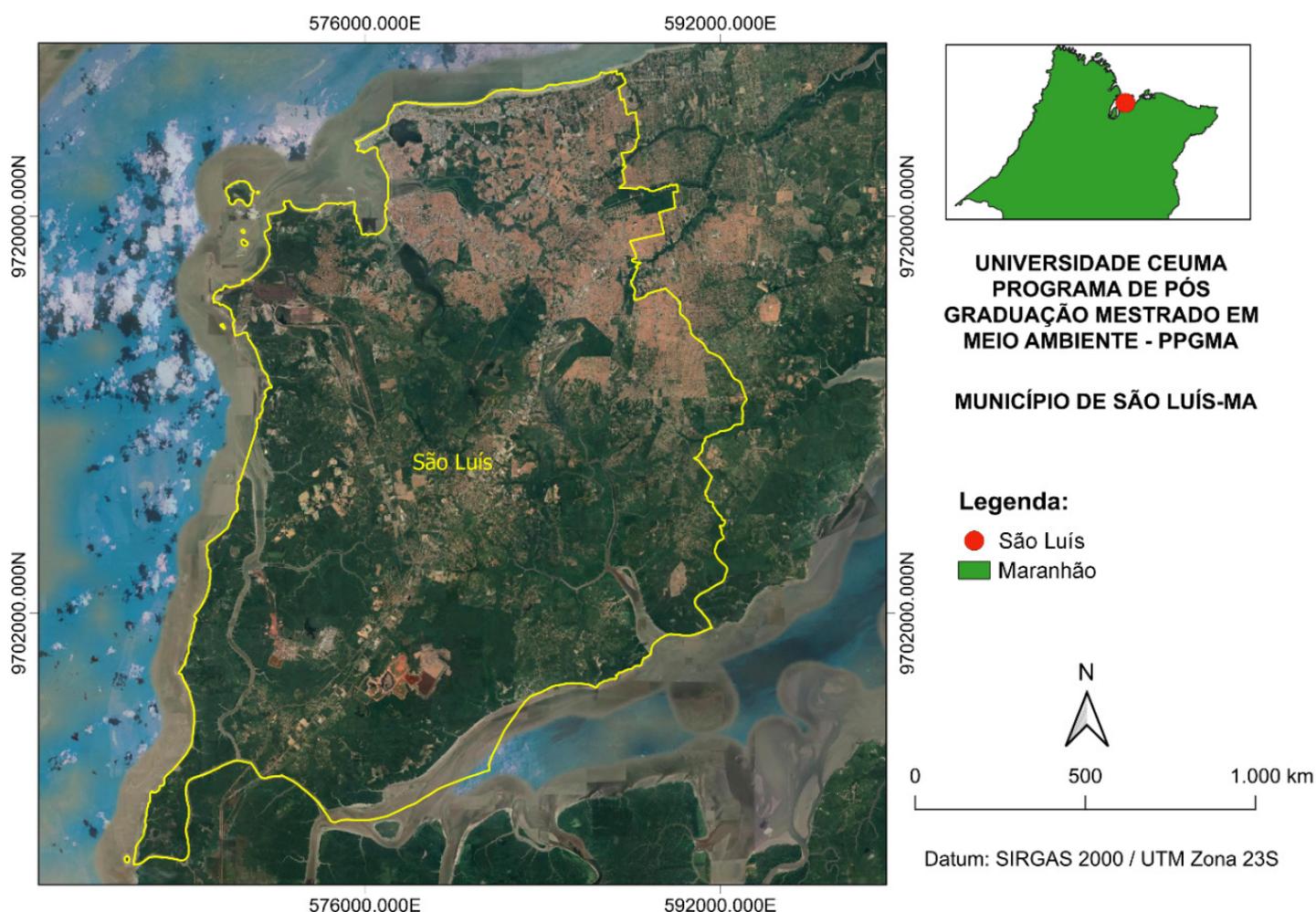


Figura 1. Mapa da cidade de São Luís, Maranhão

Fonte: Autores (2023)

2.2 Avaliação de Impacto

Para avaliação do Programa “Mais Saneamento”, foi utilizada uma metodologia denominada Avaliação de Impactos, que é caracterizada por um estudo bibliográfico e comparativo entre as condições sociais, econômicas e do ambiente no qual se encontram antes da implementação de um programa e na finalização. Nessa metodologia, existem métodos que apresentam uma abordagem subjetiva na identificação de impactos, como o método AD HOC, Check-list (listagem), Matrizes de Interação, Redes de Interação, Modelos de Simulação e Metodologias Quantitativas. Desse modo, são utilizados critérios de avaliação de forma definida para cada método, a fim de trazer um bom resultado (CREMONEZ *et al.*, 2014).

Para realizar a Avaliação de Impactos, é necessário definir indicadores e critérios de avaliação que permitam medir e comparar os resultados esperados e observados. A aplicação não é considerada uma ferramenta decisiva, mas apresenta um propósito na obtenção de informações através de atividades esquematizadas, se tornando um componente fundamental no processo de construção de uma política (OLIVEIRA; MOURA, 2009).

Com base nessa metodologia, é possível avaliar o impacto do Programa “Mais Saneamento” em termos de melhoria nos serviços de saneamento, redução de impactos negati-

vos na saúde da população, entre outros aspectos relevantes para a avaliação do programa exposto. Além disso, essa metodologia facilita na tomada de decisões de projetos ou programas que venham abordar a temática ambiental.

2.3 Programa Mais Saneamento

O Programa “Mais Saneamento” foi implementado em 2015 com objetivo de elevar o nível de saneamento em São Luís. As ações do programa iniciaram na expectativa de aumentar o nível de tratamento de esgoto da cidade que estava em 4% no intuito de alcançar um nível desejado de 70%. Além disso, foi estipulado uma despoluição da Laguna da Jansen, havendo um custo de R\$ 243 mil e até o ano de 2016 os outros pontos de poluição seriam averiguados. Além dessas ações, foi proposta a despoluição das praias da capital para a volta da balneabilidade local e fortalecimento do turismo, sendo imposto cerca de R\$ 14 milhões advindos do PAC Saneamento e 20% do governo do estado (SECAP, 2015).

3. RESULTADOS

De acordo com a Lei 11.445/2007, também conhecida como lei do saneamento, devem ser oferecidos serviços que proporcionem melhores condições de abastecimento de água, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, esgotamento sanitário e infraestrutura local. Essa legislação foi consolidada com uma proposta de universalização, estabelecendo serviços de saneamento de forma geral para a sociedade, no entanto, em alguns locais essa prática não é efetivada de maneira correta (ARAÚJO *et al.*, 2020).

Dispondo do método de Avaliação de Impactos, realizou-se o levantamento dos índices de saneamento das capitais brasileiras levando em consideração uma escala de 8 anos, ou seja, avaliando a realidade da cidade de São Luís antes e depois da implementação do Programa “Mais Saneamento” dentro desse intervalo de tempo, utilizando para isso, dados disponibilizados pelo Instituto Trata Brasil. Nas Tabela 1, 2, 3, 4 e 5 estão os Ranking e Indicadores de Atendimentos.

Rankings	Posição	Município	UF	População Total
Ranking de 2016	83	São Luís	MA	1.064.197
Ranking de 2017	79	São Luís	MA	1.073.893
Ranking de 2018	76	São Luís	MA	1.082.935
Ranking de 2019	83	São Luís	MA	1.091.868
Ranking de 2020	82	São Luís	MA	1.094.667
Ranking de 2021	80	São Luís	MA	1.101.884
Ranking de 2022	85	São Luís	MA	1.108.975

Tabela 1. Ranking do Município de São Luís-MA.

Fonte: Adaptado de Trata Brasil (2016-2022)

Rankings	Indicador de atendimento total de água (%)	Indicador de atendimento urbano de água (%)
Ranking de 2016	80,62	85,36
Ranking de 2017	85,31	90,3
Ranking de 2018	82,12	87
Ranking de 2019	83,23	88,1
Ranking de 2020	82,02	86,8
Ranking de 2021	83,25	88,14
Ranking de 2022	85,73	90,77

Tabela 2. Indicadores de Atendimento de Água do Município de São Luís-MA.

Fonte: Adaptado de Trata Brasil (2016-2022)

Rankings	Indicador de atendimento total de esgoto (%)	Indicador de atendimento urbano de esgoto (%)	Indicador de esgoto tratado por água consumida (%)
Ranking de 2016	45,55	48,23	8,07
Ranking de 2017	48,35	51,19	8,77
Ranking de 2018	47,75	50,55	11,04
Ranking de 2019	48,73	51,6	15,77
Ranking de 2020	48,26	51,09	18,02
Ranking de 2021	49,65	52,57	22,23
Ranking de 2022	49,78	52,7	20,78

Tabela 3. Indicadores de Atendimento de Esgoto do Município de São Luís-MA.

Fonte: Adaptado de Trata Brasil (2016-2022)

Rankings	Investimento 5 anos (Milhões R\$/ano)	Investimento médio anual por habitante (R\$ und.)
Ranking de 2016	111,1	20,88
Ranking de 2017	183,79	34,23
Ranking de 2018	260,06	48,03
Ranking de 2019	346,14	63,4
Ranking de 2020	401,6	73,37
Ranking de 2021	361,46	65,61
Ranking de 2022	320,92	57,88

Tabela 4. Indicadores de Investimento do Município de São Luís-MA

Fonte: Adaptado de Trata Brasil (2016-2022).

Rankings	Indicador perdas no faturamento	Indicador perdas na distribuição
Ranking de 2016	63,6	63,6
Ranking de 2017	66,21	66,2
Ranking de 2018	62,71	62,7
Ranking de 2019	346,14	63,4
Ranking de 2020	66,25	66,24
Ranking de 2021	68,14	63,78
Ranking de 2022	66,66	59,83

Tabela 5. Indicadores de Perdas do Município de São Luís-MA

Fonte: Adaptado de Trata Brasil (2016-2022)

4. DISCUSSÃO

É possível observar no período de 2013 a 2015, período esse, anterior ao Programa “Mais Saneamento”, que, embora São Luís tenha bastante disponibilidade de água, a coleta da mesma e o tratamento foram insuficientes comparada as demais cidades, em contrapartida as perdas na distribuição foram significativas. Pode-se inferir também com base nesses dados, que a capital maranhense pouco investiu em saneamento nesse período específico, o que levou a mesma para uma posição desfavorável no ranking nacional de saneamento. Além disso, em 2013, foi criada uma Política Pública denominada “Programa Saneamento Para Todos”, que foi uma iniciativa do Governo Federal (BRASIL, 2013), onde buscou-se a promoção de uma melhor qualidade de vida da população através de serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana. O programa foi implementado para elevar o índice de saneamento do país, além de enfrentar o desafio da universalização dos serviços de saneamento básico, a fim de impulsionar o avanço na infraestrutura da gestão nessa área.

O decreto de número Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010 que Regulamenta a Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico (BRASIL, 2010), foi uma medida tomada no intuito de melhorar o saneamento básico nacional e fornecer as condições necessárias para a otimização dos serviços prestados à população. Contudo, as metas não foram de fato alcançadas tendo em vista a precariedade de muitas cidades brasileiras e os péssimos índices apresentados pelas mesmas, a saber, o município de São Luís, que não demonstrou melhoras evidentes se levar em consideração o rendimento da mesma dentro do Ranking nacional de saneamento.

Contudo, mesmo com implantação dessas políticas, os serviços de saneamento não foram igualitários em todas as regiões e muitas cidades apresentavam um sistema de saneamento precário, principalmente na região nordestina, provocando um impacto na saúde da população e meio ambiente, o que remete também nos péssimos números apresentados pela cidade de São Luís se tratando dos parâmetros avaliados no Ranking brasileiro de saneamento.

No período de 2014 a 2016, apesar dos indicadores de atendimento total e atendimentos urbanos de água terem sido razoavelmente bons, os outros indicadores totais e urbanos voltados para o atendimento e o tratamento de esgoto, foram baixos, isso se dá pelo pouco investimento voltado para essa área, revelando uma alta perda de distribuição e faturamento por parte da capital do Maranhão. Ademais, a posição da cidade de São Luís nesse período de avaliação, é ainda pior que a anterior, onde a mesma ocupou a posi-

ção oitenta e três do ranking nacional de saneamento. Vale ressaltar, que no final do ano de 2013, foi criada a Portaria Interministerial nº 571/2013 que aprovou o Plano Nacional de Saneamento Básico - PLAN SAB, além disso, dispunha que na implantação do PLAN SAB, seria considerado a disponibilidade orçamentária da União, bem como o alinhamento ao Plano Plurianual (PPA) e às diretrizes e prioridades de Governo (FUNASA, 2018). Tudo isso para se tentar alcançar grandes avanços na melhoria do saneamento nacional e a universalização, porém, não houve melhorias evidentes se tratando dessa área na cidade de São Luís, que possuía indicadores ruins no Ranking de saneamento do Brasil.

Já no período de 2015 a 2017, é possível inferir que há uma melhora mínima na capital maranhense, onde pode-se observar um pequeno aumento nos indicadores de atendimento total e urbano, tanto de água como de esgoto, além disso, os investimentos foram maiores do que no período anterior, porém, as perdas de distribuição e faturamento, foram altas. Vale ressaltar também, que apesar dessa mínima melhora, os índices apresentados pela cidade de São Luís continuam ruins e longe do ideal.

Nos anos de 2016 a 2018, os indicadores de atendimento total de água e esgoto além do atendimento urbano de ambos, diminuíram de certa forma, entretanto, houve um aumento no índice de tratamento de esgoto na cidade, além de uma melhora nos investimentos tanto no âmbito geral quanto por habitante. Verifica-se também, uma diminuição nas perdas de faturamento e distribuição.

Logo, com essas discretas otimizações, evidencia-se uma melhora na posição no ranking nacional por parte da cidade de São Luís, onde a mesma subiu três posições, passando a ocupar a posição setenta e seis.

Já no período de 2017 a 2019, os indicadores de atendimento total de água e esgoto além do atendimento urbano de ambos, melhoraram, sendo perceptível o aumento no índice de tratamento de esgoto na capital maranhense. Além disso, nota-se um aumento nos investimentos nessas áreas se comparado aos dados evidenciados anteriormente, todavia, as perdas de distribuição voltaram a aumentar.

É possível observar que mesmo com muitas melhoras nos diversos índices avaliados, pode-se conjecturar que as demais capitais que se apresentavam abaixo de São Luís e outros municípios cadastrados no SNIS, tiveram melhoras ainda mais significativas, o que acarretou uma queda drástica de posição por parte da capital maranhense, mais precisamente, sete posições, ocupando a octogésima terceira colocação no ranking nacional de saneamento no período de avaliação entre 2017/2019.

Com base nos dados evidenciados no período de 2018 a 2020, os indicadores de atendimento total e urbano de água, diminuíram. Os indicadores de atendimento total e urbano de esgoto se mantiveram constantes com pouca variação. Aliás, é possível observar um aumento no índice de tratamento de esgoto na capital maranhense, e nos investimentos.

Verifica-se uma pequena mudança de posição da cidade de São Luís no ranking nacional de saneamento, onde a mesma saltou uma posição, ocupando a octogésima segunda colocação.

De 2019 a 2021, a cidade de São Luís escalou duas posições, ocupando a octogésima colocação. Verifica-se também, que os indicadores de atendimento total e urbano de água aumentaram. Além disso, os indicadores de atendimento total e urbano de esgoto também demonstraram um aumento. Da mesma forma, o indicador de tratamento de esgoto do município de São Luís elevou-se. Porém houve um decréscimo no investimento total, muito em função da pandemia da Covid-19, onde os esforços em termos de investimento, foram focados no combate ao novo Coronavírus. Já o investimento médio anual por habi-

tante, houve um certo aumento.

Por fim, no período de 2020 a 2022, houve uma melhora nos indicadores de atendimento total e urbano de água. Já os indicadores de atendimento total e urbano de esgoto, mantiveram discretamente os valores. Entretanto, houve uma diminuição tanto no indicador de esgoto tratado por água consumida, como também nos investimentos em saneamento por parte do município, onde é possível conjecturar que, a pandemia da Covid-19 teve muita influência nessa redução de investimentos, por conta dos danos ocasionados pela mesma, tanto na saúde como na economia brasileira. É importante salientar que a queda brusca da capital maranhense no ranking nacional, onde a mesma desceu 5 posições e voltou a se posicionar entre os piores municípios em termos de saneamento, ocupando a octogésima quinta colocação, muito em função da diminuição nos investimentos, já explicados anteriormente, e na queda dos indicadores de esgoto tratado, além da melhora evidente das outras cidades em relação a capital maranhense.

Tendo em vista os resultados obtidos, pode-se observar que, embora o programa “Mais Saneamento” tenha de fato investido em algumas ações voltadas para a melhoria da capital maranhense nesse quesito, a mesma continua entre as piores cidades brasileiras em termos de saneamento se comparado aos outros municípios, apresentando índices inferiores tanto em investimento como em eficiência. Segundo a Secretária Adjunta de Tecnologia da Informação – SEATI (2016), o Programa “Mais Saneamento” foi implementado em 2015, com intuito de melhorar o saneamento básico da cidade de São Luís. Desde a sua criação, campanhas de saneamento foram consolidadas para que a cidade tivesse uma melhora no saneamento a fim de trazer benefícios para a população, tendo como expectativa um aumento de 4% para 70% no tratamento de esgotos, além de alcançar um bom índice de balneabilidade nas praias de São Luís/Ma. Entretanto, os dados apontados pelo Instituto Trata Brasil, demonstram que a cidade ainda permanece na mesma escala de colocação, havendo apenas algumas mudanças em tornos dos anos, mas o saneamento ainda continua no mesmo limiar. Além disso, o município de São Luís está enquadrado dentre as 20 piores cidades no que diz respeito a saneamento nos últimos 8 anos, com presença registrada em 4 oportunidades segundo dados levantados pelo Instituto Trata Brasil. Além disso, verificou-se de certa forma, uma inconstância por parte dos avanços em saneamento na cidade de São Luís, onde, em alguns anos, os serviços de atendimento, tratamento e também os investimentos melhoravam em certo período, mas posteriormente, retrocediam, assim como nos dados obtidos por Marques et al. 2020, onde os mesmos constataram em seu trabalho que havia alguns retrocessos e melhorias no sistema de esgotamento sanitário de São Luís ao longo dos anos, e isto foi evidenciado quando os autores verificaram que o tratamento não acompanhava o índice de coleta de esgoto no município.

Deve-se destacar também, o surgimento da pandemia da Covid-19 que contribuiu para a diminuição dos investimentos e em algumas ações voltadas para o saneamento por parte da Política Pública. Os anos de 2020 a 2022 demonstram essa evidente redução. Com isso, seria necessário a retomada dos investimentos no saneamento básico da região, tendo em vista os danos causados pelo novo Coronavírus, assim como destacou Santos e Vasques (2021), que objetivaram destacar a relação entre a pandemia da Covid-19, o higienismo e o planejamento urbano focalizando a política de saneamento básico, onde os mesmos identificaram que, com a eclosão em 2020, da pandemia, o acesso aos serviços de saneamento básico tornou-se um fundamento ainda mais urgente da política urbana no Brasil.

De acordo com Nascimento (2021), São Luís tem demonstrado situações precárias e com péssimos indicadores nos serviços de saneamento. Muitos moradores tendem a se



questionar sobre os serviços de saneamento e de como é algo que não tem agradado a população, como na falta de água em alguns locais, impossibilitando a utilização para fins de consumo domésticos. Além do mais, os problemas da falta de abastecimento em determinados locais apresentam relação com problemas de manutenção, devido ao tempo de uso de equipamentos que já não estão funcionando como antes, além da falta de energia elétrica que danifica os aparelhos dos sistemas de abastecimento de água.

A Secretaria Municipal de Inovação, Sustentabilidade e Projetos Especiais – SEMISPE (2022), apresentou o Programa “Pró-Saneamento” à Agência Francesa de Desenvolvimento, com o objetivo de promover melhorias no saneamento da cidade de São Luís, com o custo de € 31.250.000,00 milhões de Euros, equivalente a R\$ 192.812.500,00, sendo 20% custeado pela Prefeitura de São Luís. O programa busca trazer avanços no serviço de saneamento, cumprindo todas as diretrizes de sustentabilidade, urbanização e mobilidade para melhorar a vulnerabilidade social de São Luís. Além disso, o programa tem como objetivo estratégico aumentar o desenvolvimento dos municípios da Região Nordeste, seguindo os objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas (ONU) para Desenvolvimento Urbano e na Luta Contra Mudanças Climáticas.

Em comparação com o Programa “Mais Saneamento”, o “Pró-Saneamento” apresenta os mesmos objetivos de trazer melhorias no saneamento de São Luís.

Com a avaliação do Ranking Nacional do Instituto Trata Brasil, o Programa “Mais Saneamento” se demonstrou pouco eficiente, visto que a cidade de São Luís se apresentava no mesmo limiar de colocação entre os anos de 2015 a 2022. Já o “Pró-Saneamento”, necessita ser avaliado para averiguar se o mesmo está sendo efetivo no cumprimento de suas metas.

5. CONCLUSÃO

O programa “Mais Saneamento” não foi muito efetivo na sua realização, e mesmo havendo um alto investimento nos serviços de saneamento, a cidade de São Luís ainda apresenta pontos negativos na implementação desse serviço, o que causa um impacto negativo para população e para o meio ambiente.

Ao analisar os dados estipulados da cidade de São Luís do Ranking Nacional de Saneamento pelo Trata Brasil e compará-los com o Programa “Mais Saneamento”, é perceptível que não houve grandes avanços significativos a respeito do saneamento na cidade. São Luís ainda enfrenta desafios no quesito saneamento, apresentando um abastecimento irregular de água, falta de esgotamento sanitário, além de poluição causada por resíduos em locais públicos. Desse modo, é importante que haja investimento para a manutenção desses serviços e que o mesmo seja utilizado de forma efetiva para o saneamento da cidade.

Vale ressaltar que mesmo havendo um investimento, as melhorias só serão evidentes se houver um comprometimento das autoridades e da população para que São Luís avance no Ranking de Saneamento. Caso essas medidas sejam praticadas, a população poderá usufruir de um saneamento de qualidade e ainda dispor de uma diminuição no índice de doenças provocadas pela falta de saneamento básico.

Referências

- ARAUJO, Bruna Magalhães de *et al.* **INSTRUMENTOS INFORMATIVOS DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL E SANITÁRIA APLICADOS NA SOCIEDADE.** 2020. Disponível em: https://ojs3.perspectivasonline.com.br/humanas_sociais_e_aplicadas/article/view/1730/1660. Acesso em: 10 de maio 2023
- BRASIL, Governo Federal do. **Decreto de Nº 8.141 de 20 de Novembro de 2013 dispõem sobre o Plano Nacional de Saneamento Básico – PNSB e institui o grupo de trabalho interinstitucional de acompanhamento da implantação do PNSB e da outras providências.** 2013. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/decreto/d8141.htm
- BRASIL, Governo Federal do. **PROGRAMA SANEAMENTO PARA TODOS –MUTUÁRIOS PÚBLICOS.** 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/aceso-a-informacao/legislacao/secretaria-nacional-de-saneamento/INN22DE3DEAGOSTODE2018ConsolidadaapsIN192021.pdf>. Acesso em: 15 maio 2023.
- BRASIL, Governo Federal do. **DECRETO Nº 7.217, DE 21 DE JUNHO DE 2010. Regulamenta a Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências.** 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7217.htm
- BRASIL, Trata. **Ranking do Saneamento 2015.** 2015. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/ranking-do-saneamento-2015/>. Acesso em: 09 maio 2023.
- BRASIL, Trata. **Ranking do Saneamento 2016.** 2016. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/ranking-do-saneamento-2015-cloned-1222/>. Acesso em: 09 maio 2023.
- BRASIL, Trata. **Ranking do Saneamento 2017.** 2017. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/ranking-do-saneamento-2017/>. Acesso em: 09 maio 2023.
- BRASIL, Trata. **Ranking do Saneamento 2018.** 2018. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/ranking-do-saneamento-2018/>. Acesso em: 09 maio 2023
- BRASIL, Trata. **Ranking do Saneamento 2019.** 2019. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/ranking-do-saneamento-2019/>. Acesso em: 09 maio 2023.
- BRASIL, Trata. **Ranking do Saneamento 2020.** 2020. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/ranking-do-saneamento-2020/>. Acesso em: 09 maio 2023.
- BRASIL, Trata. **Ranking do Saneamento 2021.** 2021. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/ranking-do-saneamento-2021/>. Acesso em: 09 maio 2023.
- BRASIL, Trata. **Ranking do Saneamento 2022.** 2022. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/ranking-do-saneamento-2022/>. Acesso em: 09 maio 2023.
- CREMONEZ, Filipe Eliazar *et al.* **Avaliação de impacto ambiental: metodologias aplicadas no Brasil.** 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/14689/pdf>. Acesso em: 09 de maio 2023.
- DANTAS, Camylla Rachelle Aguiar Araújo *et al.* **AVALIAÇÃO DA PRESTAÇÃO DOS SERVIÇOS DE ÁGUA E ESGOTO EM SÃO LUÍS – MA.** 2022. Disponível em: <https://revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/view/81211>. Acesso em: 09 de maio 2023.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. Fundação Nacional de Saúde. **Programa Sustentar. Saneamento e Sustentabilidade em Áreas Rurais / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde.** – Brasília: Funasa, 2018.
- LIMA, Jarleson dos Santos *et al.* **MORBIDADE E MORTALIDADE POR DOENÇAS RELACIONADAS AO SANEAMENTO AMBIENTAL INADEQUADO EM BELÉM DO PARÁ.** 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufca.edu.br/ojs/index.php/cienciasustentabilidade/article/view/316/302>. Acesso em: 15 maio 2023.
- MARQUES, Mahéllia Cristina Braga *et al.* UNIVERSALIZAÇÃO E INTEGRALIDADE DO SERVIÇO PÚBLICO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE SÃO LUÍS–MARANHÃO. **Interfaces Científicas-Saúde e Ambiente**, v. 8, n. 2, p. 63-76, 2020.
- NASCIMENTO, Marcos Antônio Silva do. **Abastecimento de água no Município de São Luís (Maranhão), após 10 Anos do Marco Regulatório 2007.** 2021. Disponível em: <https://editorapascal.com.br/wp-content/uploads/2021/08/ABASTECIMENTO-DE-%C3%81GUA-NO-MUNIC%C3%8DPIO-DE-S%C3%83O-LU%C3%8DS.pdf>. Acesso em: 11 de maio 2023.
- OLIVEIRA, Francisco Correia de; MOURA, Héber José Teófilo de. **USO DAS METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL EM ESTUDOS REALIZADOS NO CEARÁ.** 2009. Disponível em: <http://revista.fu-mec.br/index.php/pretexto/article/view/498>. Acesso em: 09 maio 2023.



SANTOS, Angela Moulin Simões Penalva; VASQUES, Pedro Henrique Ramos Prado. Pandemia, higienismo e saneamento básico: uma leitura da política urbana em tempos de covid-19. **Revista de Direito da Cidade**, v. 13, n. 2, p. 866-900, 2021.

SEATI. **PROGRAMA 'MAIS SANEAMENTO' GARANTE MELHORIAS NA BALNEABILIDADE DAS PRAIAS DE SÃO LUÍS**. 2016. Disponível em: <https://www3.ma.gov.br/agenciadenoticias/?p=147862>. Acesso em: 14 maio 2023.

SECAP. **'Mais Saneamento' é importante para saúde, turismo e meio ambiente, diz deputado**. 2015. Disponível em: <https://www3.secap.ma.gov.br/2015/08/25/mais-saneamento-e-importante-para-saude-turismo-e-meio-ambiente-diz-deputado/>. Acesso em: 11 maio 2023.

SEMISP. **Prefeito Eduardo Braide apresenta programa Pró-Saneamento à Agência Francesa de Desenvolvimento**. 2022. Disponível em: <https://www.saoluis.ma.gov.br/semispe/noticia/39775/prefeito-eduardo-braide-apresenta-programa-pro-saneamento-a-agencia-francesa-de-desenvolvimento>. Acesso em: 15 maio 2023.

SILVA, Débora Danna Soares da. **Saneamento básico: um estudo na Região Metropolitana da Grande São Luís**. 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/41911/pdf>. Acesso em: 10 maio 2023.

Os impactos ambientais causados pela degradação da Amazônia Cerrado, vem pela falta de percepção da educação ambiental e por falta desse conhecimento que é gerador de aumento das queimadas, extinção de diversas espécies de plantas e animais e as mudanças climáticas seca e trata de diversas situações na saúde das pessoas que reside na localidade por doenças respiratória, pele e até a fome para uma qualidade de vida que passa por áreas como os grandes indicadores de contaminação dos rios e solos e esgotamento dos recursos naturais. Entretanto as duas principais ameaças à biodiversidade do Cerrado estão relacionadas a atividades econômicas na monocultura intensiva de grãos e a pecuária extensiva de baixa tecnologia.

Profa. Dra. Maria Raimunda C Silva

