

PESQUISAS EM ECOLOGIA E SUSTENTABILIDADE

VOLUME 1

**Denise dos Santos Vila Verde
Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira
Nailton de Souza Araújo
Letícia Sousa dos Santos**
Organizadores



PESQUISAS EM ECOLOGIA E SUSTENTABILIDADE

VOLUME 1

**Denise dos Santos Vila Verde
Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira
Nailton de Souza Araújo
Letícia Sousa dos Santos**
Organizadores



 **Wissen**
editora

2023

Denise dos Santos Vila Verde
Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira
Nailton de Souza Araújo
Letícia Sousa dos Santos
Organizadores

Pesquisas em Ecologia e Sustentabilidade

Volume 1



©2023 by Wissen Editora
Copyright © Wissen Editora
Copyright do texto © 2023 Os autores
Copyright da edição © Wissen Editora
Todos os direitos reservados

Direitos para esta edição cedidos pelos autores à Wissen Editora.



Todo o conteúdo desta obra, inclusive correção ortográfica e gramatical, é de responsabilidade do(s) autor(es). A obra de acesso aberto (Open Access) está protegida por Lei, sob Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Sem Derivações 4.0 Internacional, sendo permitido seu *download* e compartilhamento, desde que atribuído o crédito aos autores, sem alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Editores Chefe: Dra. Adriana de Sousa Lima
Me. Junielson Soares da Silva
Ma. Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira

Projeto Gráfico e Diagramação: Denise dos Santos Vila Verde
Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira

Imagem da Capa: Canva

Edição de Arte: Denise dos Santos Vila Verde
Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira

Revisão: Os autores
Os Organizadores

Informações sobre a Editora

Wissen Editora
Homepage: www.editorawissen.com.br
Teresina – Piauí, Brasil
E-mails: contato@wisseneditora.com.br
wisseneditora@gmail.com

Siga nossas redes sociais:


[@wisseneditora](https://www.instagram.com/wisseneditora)

PESQUISAS EM ECOLOGIA E SUSTENTABILIDADE
1ª edição

 <https://www.doi.org/10.52832/wed.67>

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil

Pesquisas em ecologia e sustentabilidade [livro eletrônico]/ organizadores Denise dos Santos Vila Verde...[et al.]. -- Teresina: Wissen Editora, 2023.
PDF

Vários colaboradores.

Outros organizadores: Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira, Nailton de Souza Araújo, Letícia Sousa dos Santos.

ISBN: 978-65-85923-03-3

DOI: 10.52832/wed.67

1. Ecologia 2. Meio ambiente – Pesquisa 3. Sustentabilidade I. Verde, Denise dos Santos Vila. II. Oliveira, Neyla Cristiane Rodrigues de. III. Araújo, Nailton de Souza. IV. Santos, Letícia Sousa dos.

24-190613

CDD-577

Índices para catálogo sistemático:

1. Ecologia 577

Tábata Alves da Silva - Bibliotecária - CRB-8/9253

Informações sobre da Wissen Editora

Homepage: www.editorawissen.com.br

Teresina - Piauí, Brasil

E-mails: contato@wisseneditora.com.br

wisseneditora@gmail.com

Como citar ABNT: VILA VERDE, D. S. *et al.* **Pesquisas em ecologia e sustentabilidade.** Teresina-PI: Wissen Editora, 2023. 123 p.

EQUIPE EDITORIAL

Editores-chefes

Me. Junielson Soares da Silva
Dra. Adriana de Sousa Lima
Ma. Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira

Equipe de arte e editoração

Emili Juliane de Azevedo Neves
Isaquiel de Moura Ribeiro

CONSELHO EDITORIAL

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Dr. Felipe Górski - Secretaria de Educação do Paraná (SEED/PR)
Dra. Patrícia Pato dos Santos - Universidade Anhanguera (Uniderp)
Dr. Jose Carlos Guimaraes Junior - Governo do Distrito Federal (DF)

Ciências Biológicas e da Saúde

Dra. Francijara Araújo da Silva - Centro Universitário do Norte (Uninorte)
Dra. Rita di Cássia de Oliveira Angelo - Universidade de Pernambuco (UPE)
Dra. Ana Isabelle de Gois Queiroz - Centro Universitário Ateneu (UniAteneu)

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Dr. Allan Douglas Bento da Costa - Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)
Dra. Vania Ribeiro Ferreira - Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC)
Dr. Agmar José de Jesus Silva – Secretaria de Educação do Amazonas (Seduc/AM)

Linguística, Letras e Artes

Dra. Conceição Maria Alves de A. Guisardi - Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Dr. Isael de Jesus Sena - Culture, Education, Formation, Travail (CIRCEFT)
Dra. Mareli Eliane Graupe - Universidade do Planalto Catarinense (Uniplac)
Dr. Rodrigo Avila Colla - Rede Municipal de Ensino de Esteio, RS
Dr. Erika Giacometti Rocha Berribili - Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)
Dr. Douglas Manoel Antonio De Abreu P. Dos Santos - Universidade de São Paulo (USP)
Dra. Aline Luiza de Carvalho - Fundação Hospitalar do Estado de Minas Gerais (FHEMIG)
Dr. José Luiz Esteves - Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC/PR)
Dr. Claudemir Ramos - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC/SP)
Dr. Daniela Conegatti Batista – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Dr. Wilson de Lima Brito Filho - Universidade Federal da Bahia (UFBA)
Dr. Cleonice Pereira do Nascimento Bittencourt- Universidade de Brasília (UnB)
Dr. Jonata Ferreira de Moura - Universidade Federal do Maranhão (UFMA)
Dra. Renata dos Santos - Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)

Conselho Técnico Científico

- Me. Anderson de Souza Gallo - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)
Ma. Antônia Alikeane de Sá - Universidade Federal do Piauí (UFPI)
Ma. Talita Benedcta Santos Künast - Universidade Federal do Paraná (UFPR)
Ma. Irene Suelen de Araújo Gomes – Secretaria de Educação do Ceará (Seduc /CE)
Ma. Tamires Oliveira Gomes - Universidade Federal de São Paulo (Unifesp)
Ma. Aline Rocha Rodrigues - União Das Instituições De Serviços, Ensino E Pesquisa LTDA (UNISEPE)
Me. Mauricio Pavone Rodrigues - Universidade Cidade de São Paulo (Unicid)
Ma. Regina Katuska Bezerra da Silva - Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
Esp. Rubens Barbosa Rezende – Faculdade UniFB
Me. Luciano Cabral Rios – Secretaria de Educação do Piauí (Seduc/PI)
Me. Jhenys Maiker Santos - Universidade Federal do Piauí (UFPI)
Me. Francisco de Paula S. de Araujo Junior - Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)
Ma. Anna Karla Barros da Trindade - Instituto Federal do Piauí (IFPI)
Ma. Elaine Fernanda dos Santos - Universidade Federal de Sergipe (UFS)
Ma. Lilian Regina Araújo dos Santos - Universidade do Grande Rio (Unigranrio)
Ma. Luziane Said Cometti Lélis - Universidade Federal do Pará (UFPA)
Ma. Márcia Antônia Dias Catunda - Devry Brasil
Ma. Marcia Rebeca de Oliveira - Instituto Federal da Bahia (IFBA)
Ma. Mariana Moraes Azevedo - Universidade Federal de Sergipe (UFS)
Ma. Marlova Giuliani Garcia - Instituto Federal Farroupilha (IFFar)
Ma. Rosana Maria dos Santos - Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)
Ma. Rosana Wichineski de Lara de Souza - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
Ma. Simone Ferreira Angelo - Escola Família Agrícola de Belo Monte - MG
Ma. Suzel Lima da Silva - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
Ma. Tatiana Seixas Machado Carpenter - Escola Parque
Me. Cássio Joaquim Gomes - Instituto Federal de Nova Andradina / Escola E. Manuel Romão
Me. Daniel Ordane da Costa Vale - Secretaria Municipal de Educação de Contagem
Me. Diego dos Santos Verri - Secretária da Educação do Rio Grande do Sul
Me. Fernando Gagno Júnior - SEMED - Guarapari/ES
Me. Grégory Alves Dionor - Universidade do Estado da Bahia (UNEB)/ Universidade Federal da Bahia (UFBA)
Me. Lucas Pereira Gandra - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); UNOPAR, Polo Coxim/MS
Me. Lucas Peres Guimarães – Secretaria Municipal de Educação de Barra Mansa - RJ
Me. Luiz Otavio Rodrigues Mendes - Universidade Estadual de Maringá (UEM)
Me. Mateus de Souza Duarte - Universidade Federal de Sergipe (UFS)
Me. Milton Carvalho de Sousa Junior - Instituto Federal do Amazonas (IFAM)
Me. Sebastião Rodrigues Moura - Instituto Federal de Educação do Pará (IFPA)
Me. Wanderson Diogo A. da Silva - Universidade Regional do Cariri (URCA)
Ma. Heloisa Fernanda Francisco Batista - Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)
Ma. Telma Regina Stroparo - Universidade Estadual do Centro Oeste (Unicentro)

Me. Sérgio Saraiva Nazareno dos Anjos - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
(Embrapa)

SOBRE OS ORGANIZADORES

Denise dos Santos Vila Verde



Graduada em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Foi bolsista Fapesb (2014-2015), trabalhando com ciência do solo e (2015-2018) foi bolsista Fapesb e Cnpq desenvolvendo trabalhos no Laboratório de Cultura de Tecidos da Embrapa Mandioca e Fruticultura atuando na área de produção de mudas, micropropagação de plantas, introdução de variedade de espécies de citros, mandioca, inhame e mamão. Mestre em Ciências Agrárias pela UFRB (2020), desenvolvendo pesquisas para o estabelecimento de sistemas de propagação visando à conservação in vitro de germoplasma de inhame, na Embrapa Mandioca e Fruticultura. Atualmente, doutoranda em Produção Vegetal pela Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC).

Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira



Mestra em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA/UFPI). Membro do Grupo de Estudos e Pesquisas Ambientais do Maranhão, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (GEPAM/IFMA). Especialista em Ensino de Ciências pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI), Especialista em Ensino de Genética pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Piauí (UFPI). Estagiária bolsista-CNPq na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Embrapa, Centro de Pesquisa Agropecuária do Meio-Norte/Teresina, PI, adquirindo experiências na área de Ciência do Solo (coleta, manejo, propriedades químicas, biológicas e fauna edáfica). Bolsista CAPES/UFPI (2019/2021) adquirindo experiências em Meio Ambiente, Ensino, Educação Ambiental e Mudanças Climáticas. Docente na Educação Básica e Ensino Superior, nas instituições: Escola Municipal Nossa Senhora da Conceição (EMNSC), Ensino Fundamental-Ciências (2015); Professora substituta EBTT de Biologia no IFMA/*Campus* Alcântara (2015-2017); Professora Substituta EBTT no IFPI/*Campus* São João do Piauí (2021-2023). Editora-chefe das revistas científicas (*Journal of Education, Science and Health* –JESH, *Revista Ensinar* -RENSIN) e da *Wissen* Editora.

Nailton de Souza Araújo



Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Piauí - UFPI (2016). Pós-Graduado em Agroecologia - IFPI (2018). Pós-Graduado em Ensino de Ciências - IFPI (2020). Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente (Rede PRODEMA-UFPI). Atuou como Gerente de Meio Ambiente na Prefeitura Municipal de Luís Correia - PI (2017-2020). Professor de Biologia na Secretaria de Educação do Estado do Piauí. Desenvolve pesquisa na área de Etnobotânica, Botânica Econômica e Educação Ambiental. Desenvolveu trabalhos na Área do Ensino de Ciências, Metodologias do Ensino de Ciências e Biologia e Prática Docente. Membro da organização do IV e V Encontro Regional da Caatinga e I e II Simpósio Nacional do Semiárido (2022 e 2023) na Universidade Federal do Delta do Parnaíba.

Leticia Sousa dos Santos   



Possui Graduação em Licenciatura em Ciências da Natureza (2018) e Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente (2021) pela Universidade Federal do Piauí. É Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente em Rede na Universidade Federal do Piauí. É sub-coordenadora do Grupo de Pesquisa em Etno e Educação Ambiental da Universidade Federal do Piauí. Desenvolve pesquisas na área da Botânica, Etnobotânica, Etnozoologia, Educação Ambiental e Ensino de Ciências.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	15
CAPÍTULO 1.....	17
CONSCIÊNCIA AMBIENTAL E PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS: UM ESTUDO COM AGRICULTORES FAMILIARES NA REGIÃO SEMIÁRIDA	17
Vanessa Ohana Gomes Moreira   	17
Francisco Dirceu Matos Bezerra   	17
José de Souza Oliveira Filho   	17
DOI: 10.52832/wed.67.410 	17
CAPÍTULO 2	25
EDUCAÇÃO AMBIENTAL: PERCEPÇÃO SOBRE RECICLAGEM E DESCARTE DE RESÍDUOS EM ESCOLAS DO RIO DE JANEIRO	25
Caroline Magano de Freitas   	25
Lorena de Oliveira Tabosa Nascimento   	25
DOI: 10.52832/wed.67.411 	25
CAPÍTULO 3	35
OS DANOS CAUSADOS POR CONTAMINANTES EMERGENTES NA BIODIVERSIDADE AQUÁTICA	35
Fernanda Wickboldt Stark   	35
Eduarda Medran Rangel   	35
Adrize Medran Rangel   	35
Patrícia de Borba Pereira   	35
Fernando Machado Machado   	35
DOI: 10.52832/wed.67.412 	35
CAPÍTULO 4	44
IMPACTOS DOS MICROPLÁSTICOS NOS ORGANISMOS AQUÁTICOS: UMA REVISÃO	44
Andreza Catarina Medeiros Santos   	44
Daniela Sotério de Souza   	44
José Lucas da Silva   	44
DOI: 10.52832/wed.67.413 	44

CAPÍTULO 5	51
O AR QUE RESPIRAMOS: ESTUDOS COM <i>Tradescantia pallida</i> (ROSE) D.R. HUNT. (COMMELINACEAE) NOS MUNICÍPIOS DO MATO GROSSO DO SUL	51
Rosicleia Matias da Silva   	51
Claudemir Antonio Garcia Fioratti   	51
Emmanuel Martinez Costa   	51
Ana Carolina Poças Traverssini   	51
Rosilda Mara Mussury   	51
DOI: 10.52832/wed.67.414 	51
CAPÍTULO 6	61
MERCADO DE CRÉDITO DE CARBONO E TANGÊNCIAS COM AS CIÊNCIAS AMBIENTAIS	61
Caíque Rodrigues de Carvalho Sousa   	61
Aianna Rios Magalhães Veras e Silva   	61
José Machado Moita Neto   	61
DOI: 10.52832/wed.67.415 	61
CAPÍTULO 7	70
DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES COM DIFERENTES ROTAS FOTOSINTÉTICAS EM FUNÇÃO DE FOCOS DE CALOR NO ESTADO DO PIAUÍ	70
Ianá Jeanne Batista de Sousa   	70
João Batista Paulo Alves   	70
Marlete Moreira Mendes Ivanov   	70
DOI: 10.52832/wed.67.416 	70
CAPÍTULO 8	77
EXPLORANDO A ATRAÇÃO DE ABELHAS EM FLORES DE <i>Tropaeolum majus</i> L. (BRASSICALES: TROPAEOLACEAE) POR MEIO DA ANÁLISE ESPECTROFOTOMÉTRICA	77
Claudemir Antonio Garcia Fioratti   	77
Rosicleia Matias da Silva   	77
Leticia Cavalcante dos Santos   	77

Monique Lopes Bicudo   	77
Rosilda Mara Mussury   	77
DOI: 10.52832/wed.67.417 	77
CAPÍTULO 9	87
CONSÓRCIO DE PLANTAS AROMÁTICAS COM CENOURA (<i>Daucus carota</i> L.) COMO ESTRATÉGIA PARA O MANEJO DE PRAGAS AGRÍCOLAS	87
Lucas Matheus Monteiro dos Santos   	87
Claudia Helena Cysneiros Matos   	87
Carlos Romero de Oliveira   	87
Astrogilda Batista do Nascimento   	87
Maria Janiele Alexandre Carvalho   	87
Geordan Olegário dos Santos Primo   	87
Thaynara Cristine Moraes Coêlho   	87
Vanessa Luana da Conceição Pereira   	87
DOI: 10.52832/wed.67.418 	87
CAPÍTULO 10	96
ASSEMBLEIA DE PEIXES ENTRE RIACHOS DA BACIA DO PARANAPANEMA	96
João Marlus Brito   	96
Ingrid Lima de Oliveira   	96
Marcos Matheus do Carmo Lima   	96
Leonardo Brizola Martins   	96
Leticia Cardoso Pio   	96
Thiago Donizete   	96
Gabriel Machnizh Machado   	96
Eliezer de Oliveira da Conceição   	96
Dyego Leonardo Ferraz Caetano   	96
Tatiane Mantovano   	96
DOI: 10.52832/wed.67.419 	96

CAPÍTULO 11	105
USO DE SENSORIAMENTO REMOTO PARA AVALIAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DOS SOLOS DE QUIXERAMOBIM - CE	105
Vanessa Ohana Gomes Moreira   	105
Rafael Cipriano da Silva   	105
José de Souza Oliveira Filho   	105
Rousilene Silva Nascimento Diniz   	105
DOI: 10.52832/wed.67.420 	105
CAPÍTULO 12	114
POTENCIALIDADES DO GEOPROCESSAMENTO NO MARANHÃO PARA O PLANEJAMENTO AMBIENTAL E SUSTENTÁVEL, UMA REVISÃO DE ESCOPO	114
Ronaldo Oliveira de Sousa   	114
Wastenice de Sousa Ferreira   	114
Monique Hellen Ribeiro Lima   	114
DOI: 10.52832/wed.67.421 	114

APRESENTAÇÃO

A Ecologia e a Sustentabilidade desvendam as diversas relações entre os seres vivos e o ambiente, fundamentais para entender a biodiversidade do planeta e a interação dos seres vivos com outros organismos e seu habitat. Através disso, exploramos a evolução das espécies e sua adaptação às condições ambientais, além de estabelecermos medidas de conservação das espécies e do ambiente. Nesta obra intitulada 'Pesquisas em Ecologia e Sustentabilidade', abordamos estudos variados que transitam entre a biodiversidade, estudos ambientais, distribuições de espécies, práticas de conservação, educação ambiental, sensoriamento remoto, dentre outros.

No Capítulo 1 - CONSCIÊNCIA AMBIENTAL E PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS: UM ESTUDO COM AGRICULTORES FAMILIARES NA REGIÃO SEMIÁRIDA - o objetivo foi entender a percepção ambiental de agricultores familiares inseridos nas vulnerabilidades da região semiárida, frente a produção agrícola e a geração de renda, utilizando observações, entrevistas semiestruturadas, fotografias e elaboração de diário de campo composto de anotações.

No Capítulo 2 - EDUCAÇÃO AMBIENTAL: PERCEPÇÃO SOBRE RECICLAGEM E DESCARTE DE RESÍDUOS EM ESCOLAS DO RIO DE JANEIRO – buscou-se investigar e analisar como a reciclagem e o descarte de resíduos são abordados em turmas do Ensino Fundamental II, em escolas do Rio de Janeiro, RJ.

O Capítulo 3 - OS DANOS CAUSADO POR CONTAMINANTES EMERGENTES NA BIODIVERSIDADE AQUÁTICA, visou trazer o que os contaminantes emergentes já comprovadamente podem causar de danos na biodiversidade aquática, a partir de dados oriundos de pesquisas já publicadas.

No Capítulo 4 - IMPACTOS DOS MICROPLÁSTICOS NOS ORGANISMOS AQUÁTICOS: UMA REVISÃO - teve como principal objetivo verificar a partir do levantamento bibliográfico de como a presença dos microplásticos afetam os organismos aquáticos, em função da ausência de estudos sobre tal problemática.

O Capítulo 5 - O AR QUE RESPIRAMOS: ESTUDOS COM *Tradescantia pallida* (ROSE) D.R. HUNT. (COMMELINACEAE) NOS MUNICÍPIOS DO MATO GROSSO DO SUL – apresentou como propósito identificar os municípios do Mato Grosso do Sul que foram submetidos ao biomonitoramento nos últimos anos, empregando a *Tradescantia pallida* como indicador biológico da qualidade do ar.

No Capítulo 6 - MERCADO DE CRÉDITO DE CARBONO E TANGÊNCIAS COM AS CIÊNCIAS AMBIENTAIS – visou destacar o papel do Direito Ambiental na temática de crédito do carbono e a utilização da educação ambiental na transformação de realidade sobre emissões de gases do efeito estufa (GEE).

O Capítulo 7 – DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES COM DIFERENTES ROTAS FOTOSSINTÉTICAS EM FUNÇÃO DE FOCOS DE CALOR NO ESTADO DO PIAUÍ - buscou investigar a relação entre a distribuição de seis espécies herbáceas e os focos de calor no estado do Piauí de 2020 a 2023, com intuito de identificar a tendência de ocupação e distribuição de plantas C4 nas regiões mais suscetíveis a queimadas.

No Capítulo 8 - EXPLORANDO A ATRAÇÃO DE ABELHAS EM FLORES DE *Tropaeolum majus* L. (BRASSICALES: TROPAEOLACEAE) POR MEIO DA ANÁLISE ESPECTROFOTOMÉTRICA - teve como objetivo aplicar a espectroscopia de fluorescência óptica para estudar a abundância de abelhas em *T. majus*, respondendo às seguintes questões: (1) a cor da flor e a fluorescência da corola interfere a abundância de espécies de abelhas visitantes? (2) as flores vermelhas atraem mais abelhas visitantes?

O Capítulo 9 - CONSÓRCIO DE PLANTAS AROMÁTICAS COM CENOURA (*Daucus carota* L.) COMO ESTRATÉGIA PARA O MANEJO DE PRAGAS AGRÍCOLAS – visou avaliar o efeito da introdução de plantas aromáticas de manjerição (*Ocimum basilicum* L.) e coentro (*Coriandrum sativum* L.) em cultivo de cenoura (*Daucus carota* L.) sobre a incidência de artrópodes-pragas e na atratividade de insetos predadores nessa cultura.

No Capítulo 10- ASSEMBLEIA DE PEIXES ENTRE RIACHOS DA BACIA DO PARANAPANEMA – o objetivo foi comparar a estrutura da assembleia de peixes e condições ambientais de riachos rurais e urbanos nos municípios de Ourinhos-SP e Jacarezinho-PR.

O Capítulo 11 - USO DE SENSORIAMENTO REMOTO PARA AVALIAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DOS SOLOS DE QUIXERAMOBIM – CE – visou realizar uma análise temporal do uso e ocupação dos solos no município de Quixeramobim – CE.

No Capítulo 12 - POTENCIALIDADES DO GEOPROCESSAMENTO NO MARANHÃO PARA O PLANEJAMENTO AMBIENTAL E SUSTENTÁVEL, UMA REVISÃO DE ESCOPO – objetivou-se investigar como o geoprocessamento tem sido utilizado no Maranhão como uma ferramenta valiosa para auxiliar na gestão e planejamento ambiental, visando um desenvolvimento que preserve nossa rica diversidade natural e assegure um futuro sustentável.

Nesse sentido, este livro, "Pesquisas em Ecologia e Sustentabilidade", contempla em estudos abrangentes, e detalhada sobre temas diversos sendo uma fonte valiosa de conhecimento e inspiração, conduzindo cada leitor a uma jornada de descobertas e reflexões sobre a importância vital da conservação do meio ambiente, contribuindo para um mundo mais equilibrado e saudável.

Denise dos Santos Vila Verde

CAPÍTULO 1

CONSCIÊNCIA AMBIENTAL E PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS: UM ESTUDO COM AGRICULTORES FAMILIARES NA REGIÃO SEMIÁRIDA

ENVIRONMENTAL AWARENESS AND SUSTAINABLE PRACTICES: A STUDY WITH FAMILY FARMERS IN THE SEMI-ARID REGION

Vanessa Ohana Gomes Moreira   

Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), Ceará - CE, Brasil

Francisco Dirceu Matos Bezerra   

Secretaria do Desenvolvimento Agrário do Estado do Ceará (SDA), Ceará - CE, Brasil

José de Souza Oliveira Filho   

Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), Ceará - CE, Brasil

DOI: 10.52832/wed.67.410 



RESUMO

A região semiárida é considerada uma área bastante vulnerável e exposta aos riscos das mudanças climáticas de forma mais intensa. Nesse contexto, a educação ambiental tem como objetivo informar e sensibilizar as comunidades locais sobre as questões ambientais e as práticas sustentáveis. Ela pode fornecer conhecimento sobre como preservar recursos naturais, lidar com condições climáticas adversas e desenvolver estratégias de adaptação. Esse trabalho teve o objetivo de diagnosticar a percepção ambiental de agricultores familiares do município de Madalena-CE. Sendo assim, foram realizadas entrevistas com 25 agricultores abordando aspectos sociais, econômicos e ambientais, em especial, a percepção das famílias sobre a ótica ambiental e produtiva. As perguntas foram direcionadas ao manejo utilizado nas unidades produtivas com relação ao uso da água, solo e defensivos. A pesquisa sobre percepção ambiental dos agricultores foi satisfatória e permitiu identificar a consciência dos produtores em relação à preservação do meio ambiente. Sugere-se a elaboração de políticas públicas e a intensificação da assistência técnica rural abordando a educação ambiental nas comunidades como forma de resguardar a qualidade do meio ambiente para as gerações atuais e futuras.

Palavras-chave: Questionários. Meio ambiente. Semiárido.

ABSTRACT

The semi-arid region is considered a highly vulnerable area exposed to the risks of climate change more intensively. In this context, environmental education aims to inform and raise awareness in local communities about environmental issues and sustainable practices. It can provide knowledge on how to preserve natural resources, cope with adverse climate conditions, and develop adaptation strategies. This study aimed to diagnose the environmental perception of family farmers in the municipality of Madalena, Ceará, Brazil. To achieve this, interviews were conducted with 25 farmers, addressing social, economic, and environmental aspects, particularly focusing on the families' perception from both environmental and productive perspectives. The questions were directed towards the management practices used in the productive units regarding water, soil, and pesticides. The research on the farmers' environmental perception was satisfactory and allowed for the identification of producers' awareness regarding environmental preservation. The development of public policies and the intensification of rural technical assistance addressing environmental education in communities are suggested as a means to safeguard environmental quality for current and future generations.

Keywords: Questionnaires. Environment. Semi-arid.

1 INTRODUÇÃO

No contexto brasileiro, a região semiárida é considerada uma área bastante vulnerável e exposta aos riscos das mudanças climáticas de forma mais intensa. Além disso, é caracterizada por uma intensa variabilidade climática natural, marcada por cenários de múltiplas escassezes dos pontos de vista ambiental, social e econômico (Dias; Pessoa, 2020).

As atividades agrícolas, bem como as demais atividades produtivas, são geradoras de impactos ambientais. Portanto, podem causar prejuízos irreversíveis e danos ambientais quando realizadas de forma errônea. No entanto, acredita-se que com o acesso, pelo agricultor, de

informações que possam auxiliar no manejo eficiente dos recursos naturais, esse cenário de degradação pode ser amenizado, especialmente em regiões consideradas ambientalmente frágeis (Silva; Torres, 2020).

Tendo em vista esse contexto, essa pesquisa teve o objetivo de entender a percepção ambiental de agricultores familiares inseridos nas vulnerabilidades da região semiárida, frente a produção agrícola e a geração de renda, utilizando observações, entrevistas semiestruturadas, fotografias e elaboração de diário de campo composto de anotações.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreendeu o Assentamento de Reforma Agrária São Joaquim, também conhecido como 25 de maio. O assentamento está situado na região do sertão central do estado do Ceará, em parte dos municípios de Madalena, distante 210 km da cidade de Fortaleza.

As comunidades inseridas no Assentamento se desenvolveram às margens das estradas, sendo as principais: Nova Vida I e II, Logradouro, São Nicolau, Quietos, Caiçara, Mel, Pau dos Ferros e Paus Branco. As comunidades possuem energia elétrica e o acesso é realizado por meio de estradas de piçarra ou terra batida. Do ponto de vista habitacional, as casas são de alvenaria. Além disso, no Assentamento há doze açudes, de pequeno e médio porte.

Basicamente, as entrevistas exploraram aspectos sociais, econômicos e ambientais, em especial, a percepção das famílias sobre a ótica de produção nas unidades exploradas por eles, assim como, a apropriação por parte dos entrevistados em relação à convivência com o semiárido para produção de alimentos, bem como, a geração de renda.

A entrevista foi realizada no ano de 2022, mais precisamente em um galpão na comunidade Nova Vida I. Cabe destacar que, participaram agricultores de diversas comunidades, tanto pertencentes ao Assentamento 25 de Maio como de outras localidades do município de Madalena, o que tornou a pesquisa abrangente do ponto de vista territorial. Ao todo, cerca de 25 agricultores participaram das entrevistas, sendo o chefe da família, do gênero masculino ou feminino, o responsável pelas respostas.

O formulário de entrevista continha 44 questionamentos sobre os aspectos avaliados, sendo distribuídas em: dados dos entrevistados, atividades produtivas (pecuária, agricultura ou pesca), aspectos sociais, econômicos e ambientais. Os entrevistados assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido antes da participação da entrevista, onde foram informados sobre os motivos e objetivos de realização dos questionamentos, isto é, resguardando aos participantes propósitos estritamente de cunho científico, abonando a pesquisa e excluindo qualquer viés político ou partidário. Cada entrevista durou em média 20 - 25 minutos (Figura 1).

Figura 1 - Realização de entrevista com os agricultores familiares em Madalena-CE.



Fonte: Autora (2022).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com as informações dos entrevistados, 60% dos agricultores têm a percepção que o fogo é prejudicial ao meio ambiente, apesar de não possuírem conhecimentos aprofundados sobre a nocividade da prática da queimada para o meio ambiente, sendo que 44% não utilizam o fogo de forma alguma e 28% utilizam de forma opcional. Já 20% dos entrevistados consideram a queimada como um eficaz técnica de limpeza da área e acham fundamental o seu uso na preparação do terreno.

As queimadas são utilizadas culturalmente pelos agricultores para limpar o terreno, devido ser uma técnica de baixo custo e rápida, porém é responsável por danos consideráveis para a biodiversidade e para o solo. Alguns agricultores relataram ter a percepção que o fogo enriquece o solo, pois as cinzas servem como fonte de nutrientes para as plantas, em especial o fósforo. Esse pensamento torna-se equivocado, pois a partir do momento que ocorre a queima e desproteção do solo, as cinzas permanecem em superfície apenas temporariamente, sendo percolada pela água das chuvas.

Uma vez com o solo desnudo e a microbiota afetada pelas altas temperaturas, processos como a erosão e a perda da fertilidade são intensificados, bem como, alteração nos atributos do solo e o assoreamento de mananciais ou perda da capacidade hídrica dos corpos d'água, impactando e acentuando a escassez hídrica da região. Felizmente, a maior parte dos entrevistados consideram que o fogo é maléfico para a produção das plantas e para o solo, isto é, possuem a percepção que a prática da queimada degrada o solo e o torna menos produtivo, além de que os nutrientes disponibilizados pela queima dos restos culturais são temporários.

Apesar disso, 68% dos entrevistados realizam o preparo do solo com arado e trator. Trata-se de uma técnica bastante utilizada de preparo convencional dos terrenos antes do plantio, porém que tem também, ao longo do tempo de utilização, causado desagregação excessiva da camada

arável, o encrostamento superficial e a formação de camadas coesas, também denominada de pé-de-arado.

Apenas 8% dos entrevistados informaram realizar plantio sem revolvimento do solo, isto é, diretamente sobre a palhada remanescente. A realização da técnica de plantio direto e o preparo do solo através de revolvimento mínimo podem contribuir para diminuição do processo erosivo e conservação do solo após alguns anos de implementação (Aguiar *et al.*, 2021). Apesar das melhorias que o plantio 1direto pode proporcionar, é pequena a porcentagem de entrevistados que realizam esse tipo de manejo conservacionista devido à necessidade de soltar os animais na área pós-colheita, como forma de alimentação alternativa no período pós-chuvas.

Em relação ao uso de fertilizantes na produção das plantas, cerca de 84% dos entrevistados responderam utilizar apenas esterco bovino na adubação, principalmente, nas hortaliças e nas fruteiras. Apenas 4% dos entrevistados responderam utilizar fertilizantes químicos e 24% informaram não utilizar nenhum tipo de adubo. Sendo assim, a maior parte dos entrevistados relatou não utilizar adubação nos cultivos de milho, feijão e sorgo. Esse fato é preocupante, pois já que os agricultores não têm o hábito de deixar os restos culturais sobre o solo, a produtividade das culturas pode estar sendo comprometida com os sucessivos cultivos ao longo dos anos, pela falta de reposição nutricional do solo.

Em relação ao uso de defensivos agrícolas, a grande parte dos entrevistados utiliza defensivo caseiro para tratar pragas nas plantações, isto é, cerca de 47% dos produtores. Em suma, realizam uma mistura com base no uso de uma planta comum conhecida, popularmente, como Nim (*Azadirachta indica*). Segundo relatos, os produtores trituram 1 kg de folhas da planta com 1,5 L de água, e vertem a mistura em pano para separação das partes líquida e sólida. Após isso, coloca-se a substância em uma garrafa e a deixa em um local escuro por 4 dias. Durante a aplicação nas plantas de interesse, diluem 0,5 litro da substância sintetizada em 20 litros de água e pulverizam nas plantações de interesse a cada 15 dias.

Durante os relatos de alguns entrevistados, também foi mencionado o uso da mamona, popularmente conhecida como carrapateira (*Ricinus communis*), onde é sintetizado seu extrato da mesma forma de produção do extrato do Nim, para o controle alternativo de lagarta e pulgão. Outros defensivos caseiros citados foram uma mistura de detergente, vinagre e óleo, além da borra de café. Alguns entrevistados informaram que obtiveram informações de como sintetizar essas substâncias inseticidas naturais com uso da internet.

Cerca de 33% dos entrevistados disseram não utilizar nenhuma forma de controle de pragas. Esse fato mostra-se interessante, pois estes são produtores que cultivam hortaliças, grãos, palma, mandioca entre outras culturas em suas propriedades, aumentando o espectro de

possibilidades para ataque das pragas. Porém, é importante frisar que, o cultivo dessas plantas em sistema de agrofloresta, respeitando as relações ambientais e a rotação de culturas, pode ser a explicação para contribuir na redução da incidência do ataque de agentes nocivos.

Um dado preocupante é que cerca de 19% dos participantes das entrevistas utilizam defensivos em suas plantações. O produto *Barrage* foi um dos mencionados, que trata-se de um carrapaticida, mosquicida e inseticida piretróide concentrado e bastante tóxico com alta estabilidade e permanência ativa por longo período no ambiente. É utilizado, principalmente, no tratamento de insetos e carrapatos em bovinos, bem como, é eficaz contra a “mosca-do-chifre”, ou seja, um produto fora dos padrões para utilização em plantas e na produção de alimentos. Apesar da menor porcentagem de usuários de defensivos químicos identificados nessa pesquisa, é fato que o Ceará está no décimo terceiro lugar no ranque dos estados consumidores de agrotóxicos do Brasil, tanto em grandes como pequenas produções (Paiva; Santos, 2018).

Em relação à retirada da madeira da mata nativa, todos os agricultores entrevistados fazem uso da prática, seja na forma de lenha ou para construções em geral. Segundo os entrevistados, as principais espécies em que a madeira é extraída da mata nativa são Pau Branco (*Cordia oncocalix*), Jurema (*Mimosa tenuiflora*), Algaroba (*Prosopis juliflora*) e Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*). No entanto, os agricultores informaram que fazem retirada apenas da madeira seca, isto é, usam apenas a lenha remanescente que fica sobre o solo. Gomes *et al.* (2018) encontrou resultados semelhantes no semiárido alagoano, segundo os autores o principal uso das espécies da Caatinga pelos produtores rurais dos Assentamentos é a retirada de madeira para lenha (uso doméstico) e fabricação de cercas.

No decorrer do caminho entre as entrevistas era possível visualizar grande quantidade de lixo despejado na rua, nas proximidades de rios e na mata nativa, isto é, sem um destino adequado. Quando indagados, a maior parte dos moradores responderam não possuir consciência sobre o despejo do lixo de forma inadequada e seus impactos ao meio ambiente, sendo este um fato preocupante do ponto de vista ambiental (Figura 2). A partir disso, sugere-se a realização de palestras e oficinas de educação ambiental com o objetivo de conscientização, através de políticas públicas eficientes.

Figura 2 - Despejo de lixo de forma inadequada na comunidade das entrevistas.



Fonte: Autora (2022).

Segundo Dias *et al.* (2022), as políticas públicas de assistência agrícola são essenciais para o desenvolvimento econômico e social dos agricultores do município de Maracanaú-CE. Além disso, há a possibilidade de melhorar a qualidade de vida dos agricultores a partir de sistemas cooperativos atrelados à Educação Ambiental.

4 CONCLUSÃO

A pesquisa sobre percepção ambiental dos agricultores foi satisfatória e permitiu identificar a consciência dos produtores em relação à preservação do meio ambiente, bem como a necessidade de informações técnicas por parte dos agricultores. Houve dificuldade nos questionamentos em relação ao termo “agroecologia”, pois os agricultores não tinham noção do seu significado. Porém, o termo foi substituído por “saudável” para o entendimento durante os questionamentos. Nesse sentido, sugere-se que, em outros questionários elaborados, dessa natureza, palavras mais simples sejam utilizadas para o melhor entendimento por parte dos entrevistados.

Verificou-se ainda que eles se sentem bem no meio em que estão inseridos, porém com o claro desejo e necessidade de melhorias, por meio de investimentos em infraestrutura, políticas públicas e acesso à melhor qualidade de vida. Foi evidenciada também a preocupação socioambiental sobre quem e em que condições estão sendo produzidos os alimentos com base sustentável. Além disso, foi possível aferir *in loco* as opiniões, sentido e significados que os agricultores estabelecem na relação com a natureza, de forma mais harmônica e respeitosa possível. Não obstante, a abordagem utilizada poderá servir para a realização de demais trabalhos, que poderão elucidar ainda mais o tema proposto por este estudo.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, E. B.; SCHLEDER, E. J. D.; BRITO, V.H.S.; AGUENA, F.A.F. Plantio Direto na Cultura da Mandioca. **Revista Uniciências**, v.25, n.1, p.02-09, 2021.

DIAS, E. M. S.; PESSOA, Z. S. Percepções sobre os riscos das mudanças climáticas no contexto da região semiárida do Rio Grande do Norte, Brasil. **Sociedade e ambiente no Semiárido: controvérsias e abordagens**, v. 55, p.619-643, 2020.

DIAS, J. S.; SOUZA, J. N.; BARBOSA, R. M.; GONDIM, F. A. Práticas de Educação Ambiental na Agricultura Familiar: Estudo De Caso Em Cooperativa De Agricultores No Bairro Mucunã, Maracanaú (CE). **Revbea**, v. 17, n. 2, 2022.

GOMES, D. L.; SILVA, A. P. L.; LIRA, E. S.; SANTOS, E. M. C.; COSTA, J. C. Exploração da caatinga em assentamentos rurais do semiárido alagoano. **Revista Raega, Espaço Geográfico em Análise**, v. 45, n. 1, p. 142-152, 2018.

PAIVA, B. K. V.; SANTOS, G. O. Embalagens vazias de agrotóxicos no Ceará: Um estudo Preliminar sobre a problemática social, ambiental e da saúde do trabalhador. **Conexões Ciência e Tecnologia**, v.12, n.1, p. 61-71, 2018.

SILVA, R. A.; TORRES, M. B. R.; Sustentabilidade e educação ambiental na agricultura familiar: o caso de uma cooperativa no semiárido potiguar. **Sociedade e ambiente no Semiárido: controvérsias e abordagens**. v. 55, p. 300-313, 2020.

CAPÍTULO 2

EDUCAÇÃO AMBIENTAL: PERCEPÇÃO SOBRE RECICLAGEM E DESCARTE DE RESÍDUOS EM ESCOLAS DO RIO DE JANEIRO

ENVIRONMENTAL EDUCATION: PERCEPTION OF RECYCLING AND WASTE DISPOSAL IN SCHOOLS OF RIO DE JANEIRO

Caroline Magano de Freitas   

Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro - RJ, Brasil

Lorena de Oliveira Tabosa Nascimento   

Mestre pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Tutora presencial do Centro de Educação Superior a Distância do Estado do Rio de Janeiro (CEDERJ), Rio de Janeiro - RJ, Brasil

DOI: 10.52832/wed.67.411 



RESUMO

O consumismo, a poluição excessiva e o descarte incorreto de materiais reutilizáveis estão dentre as causas da crise ambiental. A educação ambiental contempla estes temas e pode ser um recurso importantíssimo para promover informação, sensibilização e o senso crítico dos alunos. O objetivo deste trabalho foi investigar e analisar como a reciclagem e o descarte de resíduos são abordados em turmas do Ensino Fundamental II, em escolas do Rio de Janeiro, RJ. Foi realizada uma análise quali-quantitativa através de um questionário online, divulgado em grupos nas redes sociais, entre 2 de agosto a 7 de setembro de 2020, onde professores ativos responderam, voluntariamente, perguntas sobre a abordagem do tema, principais dificuldades enfrentadas, projetos realizados, se há participação dos alunos e da comunidade nos mesmos e de que forma a direção escolar colabora com outras ações diárias, como o descarte correto dos próprios resíduos. Os resultados foram satisfatórios em relação à abordagem do tema por parte dos professores, porém demonstraram a necessidade de investimento estrutural, além de uma inclusão mais efetiva deste conteúdo no currículo escolar. Políticas públicas de apoio em projetos educacionais que envolvam alunos e a comunidade externa também são importantíssimos, pois o conhecimento construído vai para além da escola, formando multiplicadores dessas ações em suas casas e realidades.

Palavras-chave: Ensino de Ciências. Docência. Materiais recicláveis. Crise ambiental. Meio Ambiente.

ABSTRACT

Consumerism, excessive pollution, and improper disposal of reusable materials are among the causes of the environmental crisis. Environmental education addresses these issues and can be an invaluable resource for promoting information, awareness, and critical thinking among students. The aim of this study was to investigate and analyze how recycling and waste disposal are approached in classes of the Second Segment of Elementary Education in schools in Rio de Janeiro, RJ. A qualitative and quantitative analysis was conducted through an online questionnaire, distributed in social media groups, between August 2nd and September 7th, 2020, where active teachers voluntarily answered questions about the approach to the topic, the main difficulties faced, projects carried out, whether there is student and community involvement in these projects, and how the school administration collaborates with other daily actions, such as proper waste disposal. The results were satisfactory regarding the teachers' approach to the topic but demonstrated the need for structural investment, as well as a more effective inclusion of this content in the school curriculum. Public policies supporting educational projects involving students and the external community are also crucial, as the knowledge built extends beyond the school, creating advocates for these actions in their homes and communities.

Keywords: Science Education. Teaching. Recyclable Materials. Environmental Crisis. Environment.

1 INTRODUÇÃO

O descarte irregular de resíduos sólidos é uma preocupação a nível mundial. Apesar de a produção de lixo ser algo inerente ao ser humano, um aumento considerável de sua produção se deu a partir da industrialização. Esse foi um marco para a expansão da globalização, um sistema relacionado a uma política de consumo capitalista instituído mundialmente. Fato é que o consumismo é movido pela produção, num ciclo de consumo, produção e lucro (Molinari, 2015).

No Brasil, entre os anos de 2010 e 2019, grande parte dos resíduos sólidos urbanos coletados seguiram para disposição em aterros sanitários, tendo em registro um aumento de 10 milhões de toneladas durante essa década, e passando de 33 milhões de toneladas por ano para 43 milhões de toneladas de resíduos sólidos. De outra forma, o quantitativo de resíduos que segue para unidades impróprias como lixões igualmente cresceu, tendo de 25 milhões de toneladas por ano, passando para um pouco mais de 29 milhões de toneladas (Abrelpe, 2020). O crescimento populacional e o consumismo estimulado pelo estilo de vida urbano provocam o aumento da produção do lixo, especialmente do lixo sólido (Gouveia, 2012).

A coleta seletiva é prevista na Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010). Essa política pública garante, desde questões sociais e econômicas como a geração de empregos e diminuição de gastos nos diversos campos industriais até questões ambientais (e não menos importantes) como sua contribuição na diminuição da poluição e da exploração de recursos naturais (Leite *et al.*, 2019). Ainda assim, grande parte da população ainda descarta seu lixo em locais irregulares, nas ruas da cidade e até mesmo, formando lixões irregulares a céu aberto (Jacobi; Besen, 2011).

A reciclagem é a medida necessária para destinar e reutilizar o lixo descartados de forma mais eficiente e menos contaminante. É uma maneira de reaproveitamento de materiais que são descartados, e isso significa diminuir a quantidade de resíduos oriundos dos produtos do consumo humano (Pnud, 1998). Portanto, é de suma importância criar um pensamento reflexivo no ser humano sobre os impactos que degradam a natureza através de suas ações.

Para resolver os problemas causados pela poluição ambiental, ações estratégicas são fundamentais. Algumas delas são a educação ambiental e as políticas públicas. A educação ambiental aparece diante de um cenário de conflito como uma solução a longo prazo (Rufino & Crispim, 2015). Ela visa a uma prática transformadora social onde há compreensão das ações e responsabilidades humanas perante o meio ambiente (Cruz *et al.*, 2016). A educação ambiental é um tema transversal da política curricular nacional, que se objetiva na transformação do meio ambiente e sua conservação através de ações do ser humano (Brasil, 2000). Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi investigar e analisar dados a respeito da reciclagem e descarte de resíduos nas escolas da cidade do Rio de Janeiro e o ensino do tema para os alunos desta rede.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foi elaborado um questionário online com a plataforma digital *Google Forms*, com questões em modelo semiaberto. As perguntas iniciais foram com base no perfil do professor como idade, séries em que atua, e qual o tipo de escola que trabalha (pública ou privada; municipal ou estadual).

Em seguida se direcionaram perguntas mais específicas ao tema como se há abordagem em sala de aula, para além dela (como projetos, feiras de ciências, apresentações em corredores e seminários), quais as suas principais dificuldades em abordar os temas, se os alunos participam de projetos existente e se eles são expandidos para a comunidade.

O formulário foi publicado através de um link em grupos da rede social Facebook, no período de 2 de agosto a 7 de setembro de 2020. Esse link foi repostado semanalmente nos mesmos grupos, e os dados posteriormente recolhidos para uma planilha Excel, sendo realizada uma análise quali-quantitativa.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Participaram da pesquisa 18 professores de ciências, que atuam no curso do Ensino Fundamental do 6º ao 9º ano em colégios particulares e Escolas Municipais do Rio de Janeiro. Os docentes atuam em diferentes bairros, localizados, em grande maioria, nas zonas norte e oeste do município Metropolitano do Rio.

Dezessete professores afirmaram abordar o tema “reciclagem” em suas aulas. Como principais dificuldades, destacam-se os seguintes relatos: “a falta de condições, infraestrutura para se criar projetos nessa temática e falta de tempo para a realização por conta da pressão de se cumprir o currículo que se demanda apertado”; e “o material que contém poucas informações acerca do tema, abordando no máximo os 3R’s (reduzir, reutilizar, reciclar)”. Tais pontos chamaram atenção acerca da forma como a Educação Ambiental se encontra presente no currículo escolar e nas salas de aula.

Das 18 respostas, cinco professores não abordam o tema fora da sala de aula, mostrando um quadro preocupante onde a sensibilização a respeito do meio ambiente é pouco explorada na comunidade escolar e pouco aplicada como vivência para os estudantes. Dentre as formas de abordagem foram citadas feiras de ciências e semanas do meio ambiente e murais nos corredores escolares. Outras respostas incluíram o reaproveitamento de materiais recicláveis feito pela escola para uso em salas e laboratórios e projetos bimestrais não especificados, sobre o tema.

Sobre a existência de projetos sobre reciclagem e descarte de lixo, 83% dos docentes disseram que existem. Dentre esses, há compostagem e arrecadação de garrafas; coleta de tampas para ajudar animais de rua; separação de lixo; reciclagem de plásticos e outros materiais em instrumentos musicais; feira de reciclagem e projetos criados pelos próprios professores em conjunto com uma e/ou mais turmas. A participação dos alunos nos mesmos foi relatada em 64% das respostas, com o uso de materiais recicláveis para desenvolver instrumentos musicais, além da formação de cartazes, participação em feiras, montando composteiras

Porém, verificou-se que em 76,5% das repostas, a comunidade não participa de feiras, eventos, projetos e ações coletivas de reciclagem e de sustentabilidade. Essa porcentagem coincide com ausência de ações da gestão escolar e da Coorcenadoria de Educação a respeito de coleta seletiva, descarte e/ou recolhimento de óleo (61%), demonstrando ausência por parte dos mesmos no estímulo ao descarte correto de seus resíduos e ideias sustentáveis. Dentre as observações escritas pelos professores, destaca-se a seguinte “Infelizmente, os governantes não investem na reciclagem”. Nenhuma resposta citou o reaproveitamento de óleo de cozinha usado.

A escola possui a importante função de proporcionar aos alunos uma formação que os torne cidadãos capazes de terem ações e condutas que protejam a natureza, de forma que os alunos, a partir dessa formação, criem hábitos mais sustentáveis para o futuro do meio ambiente e do bem-estar humano (Inoue, 2014). Porém, essa formação passa por alguns obstáculos. As condições que dificultam abordar a reciclagem em sala de aula foram a falta de material, falta de tempo e funcionários de apoio na aplicação desses projetos. Estes apontamentos sobre as dificuldades de realização de aulas práticas são recorrentes dentre os professores, o que prejudica a educação ambiental dos estudantes, uma vez que projetos e atividades práticas alternativas à aula expositiva contribuem muito para a construção do conhecimento do tema nas escolas (Costa *et al.*, 2020).

A falta de tempo foi classificada por Amabile e Gyskiewicz (1989) como um dos obstáculos ambientais ao desenvolvimento da criatividade no ambiente de trabalho. A carga excessiva de trabalho e conseqüente falta de tempo para maior investimento e planejamento das aulas é algo recorrente em pesquisas onde professores são entrevistados (Augusto; Caldeira, 2007; Lima *et al.*, 2013). Esse problema culmina na ausência de atividades alternativas à aula expositiva, bem como na falta de aprofundamento sobre determinados temas (como a reciclagem e descarte de resíduos) resultando em alunos e professores desmotivados (Lima *et al.*, 2013).

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais o trabalho com a Educação ambiental deve ser desenvolvido junto aos alunos para que eles adquiram uma consciência ambiental sobre os quesitos que assolam a natureza, assumindo assim uma postura diferenciada com relação a sua melhoria. Dessa forma, é importante valorizar o que se aprende no ambiente escolar e colocar em ação no cotidiano da realidade de cada um (Brasil, 1998).

Para que isso aconteça, é necessário que além de informações e conceitos, a escola se proponha a trabalhar com formação de valores, atitudes, ensino e aprendizagem de procedimentos a favor do meio ambiente. Atitudes solidárias, hábitos de higiene pessoal e de ambientes diversos, a participação em pequenas negociações são alguns exemplos de aprendizagem em que podem acontecer na escola (Brasil, 2000).

Porém o tema Meio Ambiente do PNC, que deveria fazer um tratamento transversal na rotina do corpo escolar, sendo abordado de forma ampla e para além dos materiais básicos escolares, acaba por ser colocado à margem do quadro educacional, de forma deslocada e eventual (Figueiredo, 2018). E não se pode contar com muitos avanços ao analisar a Base Nacional Comum curricular, que cita Educação Ambiental somente uma vez em todo o documento, demonstrando que muito ainda é necessário ser discutido neste âmbito (Brasil, 2017).

O recolhimento de materiais nas escolas como garrafas PET, papelões, vidro, plásticos, lixo eletrônico e outros objetos são iniciativas para se construir projetos, feiras, exposições ou outros referentes ao tema ambiental. O suporte pedagógico para a abordagem de reciclagem e descarte de resíduos é tida de forma mais lúdica, interativa e efetiva (Moura, 2022). A aquisição de materiais nas escolas para realização de projetos, gincanas e oficinas, de forma lúdica e pedagógica, gera nos alunos o senso de separação de lixo e aferição dos materiais descartados, conscientizando em quem participa a reutilização de itens descartados e contribuindo para o entendimento da sustentabilidade (Santagueda *et al.*, 2020).

A feira de ciências tem como objetivo reunir projetos de Física, Química e Biologia para os alunos terem um contato mais didático com estes assuntos, e serem incentivados a despertar suas curiosidades, habilidades e capacidades. Além disso, sua realização permite aos estudantes uma forma prática de aprender não só pesquisando, mas também criando e elaborando projetos para essas feiras, aumentando o seu aprendizado (Hartmann; Zimmermann, 2009).

Ela é um instrumento importante para a escola, pois possibilita a divulgação de conhecimentos científicos para toda a comunidade escolar, de forma que os alunos tenham conhecimento do método científico, utilizando suas criatividade para criar, pois possuem o contato inicial com a pesquisa. Além disso, é proporcionado aos mesmos a busca pelo conhecimento assimilado por meio da vivência, interagindo o cotidiano com o meio científico (Macedo, 2014).

A participação efetiva dos alunos em projetos sobre questões ambientais pode trazer resultados muito proveitosos sobre sua formação como ser humano consciente, como pode ser constatado em uma pesquisa envolvendo alunos do 7º ano, de uma escola pública do Município do Rio de Janeiro, com o intuito de problematizar a realidade ambiental e promover a sensibilização com vista a sua conscientização ambiental. Os estudantes separaram materiais descartados como baterias, celulares, papel, e outros em suas casas, que foram depositados em caixas coletoras para coletar materiais. Com oficinas educativas sobre o tema, o recolhimento de materiais foi positivo, mostrando a importância da participação dos alunos e os aprendizados que adquirem (Friede *et al.*, 2019).

A Educação Ambiental, enquanto processo coletivo de busca pela sensibilização e estímulo ao pensamento crítico, demonstra o quanto é importante que as ações sejam realizadas para além dos muros da escola. A integração da escola com a comunidade de seu entorno é um caminho importante para instigar uma mudança em toda a sociedade (Guimarães, 2007).

Um fator recorrente nos trabalhos que tratam do tema envolvendo a comunidade é a importância de serem estabelecidas parcerias com outras instituições, como associações de moradores, cooperativas de catadores de materiais recicláveis e até mesmo, órgãos governamentais, como Secretarias de Educação e de Saúde. Outra questão a ser evidenciada é o planejamento das atividades que devem incluir informações prévias sobre o problema ambiental a ser discutido à comunidade, como a realização de palestras, antes mesmo, das atividades práticas (Santana *et al.*, 2013).

Percebe-se, portanto, que projetos que envolvam a comunidade no entorno da escola necessitam de todo um arcabouço para que tenha resultados promissores. Santana *et al.* (2013), realizaram um estudo de caso em uma escola municipal de Aracaju - SE e chegaram à conclusão de que a rede de apoio promovida com o auxílio da Secretaria Municipal de Educação foi essencial naquele projeto.

Um litro de óleo vegetal descartado de forma incorreta na natureza pode contaminar até 25 mil litros de água, ou seja, uma gota de água contendo um mililitro pode contaminar 2 mil e 500 litros de água limpa. Alguns especialistas do assunto ainda dizem que essa quantidade de óleo usado tem o potencial de contaminar até um milhão de litros de água no meio ambiente (Siqueira; Melo Plese, 2021).

Um dos maiores problemas do óleo descartado nos rios é a diminuição dos níveis de oxigênio das águas. Este problema pode provocar a morte dos peixes, o desequilíbrio ambiental e perdas econômicas para os indivíduos que dependem de pesca para sobreviver (Dantas *et al.*, 2020). No solo terrestre, o óleo descartado causa a sua impermeabilização. No instante que este item não é dissolvido pela água, ele forma uma camada que impede a absorção da chuva e por causa disso pode contribuir com enchentes (Martins *et al.*, 2016).

Portanto, é importante que as escolas façam uso da reciclagem de óleo usado realizando a fabricação de sabão com esta matéria prima, pois constitui aos alunos e todas as pessoas envolvidas no processo, a importância da construção da conscientização ambiental, da colaboração social para unir forças nas ações e o sentimento de contribuir com a conservação do meio ambiente (Oliveira *et al.*, 2016).

4 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi constatado que a conscientização ambiental dos alunos nas escolas a respeito da reciclagem e do descarte de resíduos se dá, majoritariamente, por trabalhos e atividades realizados pelos docentes. Esta pesquisa contribui para sinalizar a necessidade de se investir em didáticas, projetos e planos curriculares que abordem cada vez mais e melhor este tema dentro da sala de aula, local onde os alunos passam a maior parte do tempo, no cotidiano escolar.

A necessidade de se trabalhar a educação ambiental no ambiente escolar diz respeito à necessidade de uma concepção que fundamenta a construção de um processo educacional, que parte de uma leitura do abstrato com o propósito de se fazer a construção de um futuro a partir da ação presente. Para isso, a mudança do comportamento não ocorre rapidamente, sendo necessário a realização de trabalhos que envolvam os alunos e a sociedade em geral, na busca de se conscientizar as pessoas sobre as problemáticas que estão ao redor do ser humano.

REFERÊNCIAS

- ABRELPE, Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública E Resíduos Especiais. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. **ABRELPE**, v. 5, p. 20-52. 2020.
- AMABLE, T. M.; GRYSKIEWICZ, M. D. The creative environment scales: Work Environment Inventory. **Creativity Research Journal**, v. 2, p. 231-253, 1989.
- AUGUSTO, T. G. S.; CALDEIRA, A. M. A. Dificuldades para a implantação de práticas interdisciplinares em escolas estaduais, apontadas por professores da área de ciências da natureza. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 1, p. 139-154, 2007.
- BRASIL. **Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Regulamenta a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2010.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: Ministério da Educação, 2017.
- BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN): Meio Ambiente**. Brasília: Ministério da Educação, 2020.
- RUFINO, B.; CRISPIM, C. **Breve resgate histórico da Educação Ambiental no Brasil e no mundo**. In: VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Porto Alegre/RS, 2015. Anais... v. 26, n. 11.
- CRUZ FERREIRA, C. A.; MELO, I. B. N.; MARQUES, S. C. M. A Educação Ambiental brasileira: história e adjetivações. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 11, n. 1, p. 183-195, 2016.
- DANTAS, F. R.; DANTAS, G. M. P.; de SOUSA, I. M. S.; de OLIVEIRA, I. L.; SANTOS, João C. O. **Aproveitamento de óleos vegetais residuais no contexto da educação ambiental – uma revisão**. In: Anais do Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências, ISSN: 2525-

6696, 2020.

FIGUEIREDO, P. B. **Políticas de Educação Ambiental na escola pública: avanços e retrocessos**. 2018. 245 f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

FRIEDE, R.; de SOUZA REIS, D.; AVELAR, K.; de MIRANDA, M. G. Coleta seletiva e educação ambiental: reciclar valores e reduzir o lixo. **Educação & Formação**, v. 4, n. 11, p. 117-141, 2019.

GUIMARÃES, M. Educação ambiental: participação para além dos muros da escola. Conceitos e práticas em educação ambiental na escola. **Revista Vamos Cuidar do Brasil: Conceitos e Práticas em Educação Ambiental na Escola**, UNESCO, p. 85-93, 2007.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, p. 1503-1510, 2012.

HARTMANN, Â. M.; ZIMMERMANN, E. **Feira de ciências: a interdisciplinaridade e a contextualização em produções de estudantes de ensino médio**. In: VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2009.

JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v. 25, n. 71, 2011.

LEITE, N. D.; PAIVA, B. K. V.; OLIVEIRA, M. Z. F. D. S.; SANTOS, Gabriel O. **Coleta seletiva no Brasil: um estudo sobre os indicadores do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento – SNIS**. In: 30º Congresso ABES, 2019.

MACEDO, K. O. **A Feira de Ciências Como Estratégia de Ensino**. In: IV Congresso Nacional de Educação, 2014.

MARTINS, M. I. M.; MESDES, F. R. K.; SOSTER, C.; FRAGA, E.; DOS SANTOS, A. M. P. V.; SCHOREDER, N. T. Reciclo-óleo: do óleo de cozinha ao sabão ecológico, um projeto de educação ambiental. **Cinergis**, v. 17, n. 4, 2016.

MOLINARI, D. R. **Entre o luxo e o lixo: desafios da sociedade de consumo na gestão dos resíduos sólidos**. 2015. Dissertação de Mestrado, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

MOURA, N. K. D. **Resíduos sólidos recicláveis e seu potencial pedagógico na educação ambiental do Centro de Convivência Integral da Criança e do Adolescente-CCICA de Santa Helena-PR**. 2022. 185 f. Dissertação de Mestrado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

OLIVEIRA, G. C.; MARTIN, M. M.; MARTINS, C. L.; MARJOTTA-MAISTRO, M. C. Sustec jr nas escolas: conscientização sobre a reciclagem do óleo comestível usado. **Revista ELO-Diálogos em Extensão**, v. 5, n. 1, 2016.

PNUD. **Educação Ambiental na Escola e na Comunidade**. Brasília: Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, 1998.

SANTAGUEDA, V. M. P.; DA SILVA CANTALICE, A.; DA SILVA, A. B.; MAFORT, M. E.

Comportamento sustentável: promoção da consciência ambiental por meio de gincana. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 2, 2020.

SANTANA, E. S.; LIMA, E. D. C.; de JESUS SANTOS, B. V. Práticas de educação ambiental projeto: escola e comunidade cuidando do meio ambiente. **Caderno de Graduação-Ciências Humanas e Sociais-UNIT-SERGIPE**, v. 1, n. 2, p. 59-71, 2013.

SIQUEIRA, R. M.; de MELO PLESE, L. P. Resíduo de óleo de cozinha: estudo de caso no bairro Xavier Maia-Rio Branco/AC. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 5, 2021.

CAPÍTULO 3

OS DANOS CAUSADOS POR CONTAMINANTES EMERGENTES NA BIODIVERSIDADE AQUÁTICA

THE DAMAGE CAUSED BY EMERGING CONTAMINANTS IN AQUATIC BIODIVERSITY

Fernanda Wickboldt Stark   

Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Rio Grande do Sul - RS, Brasil

Eduarda Medran Rangel   

Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Rio Grande do Sul - RS, Brasil

Adrize Medran Rangel   

Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Rio Grande do Sul - RS, Brasil

Patrícia de Borba Pereira   

Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Rio Grande do Sul - RS, Brasil

Fernando Machado Machado   

Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Rio Grande do Sul - RS, Brasil

DOI: 10.52832/wed.67.412 



RESUMO

Os contaminantes emergentes são encontrados em todo mundo e detectados em todos os compartimentos ambientais (água, solo, ar e sedimento). Eles podem afetar a fauna e a flora do ecossistema, ocorrendo subsequente translocação através da cadeia alimentar (bioacumulação e biomagnificação) podendo afetar até mesmo a saúde humana, o que é uma questão de grande preocupação. Dentre os contaminantes emergentes podemos citar pesticidas, fármacos, produtos de beleza, fragrâncias, microplásticos, plastificantes, hormônios, nanopartículas e toxinas de algas. O objetivo desta pesquisa é trazer o que esses contaminantes emergentes já comprovadamente podem causar de danos na biodiversidade aquática, esses dados serão retirados de pesquisas já publicadas. Para fazer a busca foram utilizadas plataformas de busca como ScienceDirect, Pubmed e Google Acadêmico. Após o refinamento buscando artigos que trouxessem realmente o tema em questão, foram analisados 10 artigos. Como resultados, todos artigos apresentaram danos aos seres vivos que tiveram contato com esses contaminantes emergentes, danos muitas vezes irreversíveis. Além disso, dependendo do tipo de contaminante, como por exemplo nos peixes, a pessoa que se alimentar deste animal contaminado também acumulará o contaminante no seu corpo. Concluímos que esse tema é de enorme relevância, pois vários outros organismos ainda poderão ser afetados.

Palavras-chave: Água. Biota. Efluentes. Fármacos. Resíduos Sólidos.

ABSTRACT

Emerging contaminants are found worldwide and detected in all environmental compartments (water, soil, air and sediment). They can affect the fauna and flora of the ecosystem, with subsequent translocation through the food chain (bioaccumulation and biomagnification) and can even affect human health, which is a matter of great concern. Among the emerging contaminants we can mention pesticides, pharmaceuticals, beauty products, fragrances, microplastics, plasticizers, hormones, nanoparticles and algae toxins. The objective of this research is to reveal what these emerging contaminants have already proven to cause damage to aquatic biodiversity. This data will be taken from already published research. To carry out the search, search platforms such as ScienceDirect, Pubmed and Google Scholar were used. After refinement looking for articles that really addressed the topic in question, 10 articles were analyzed. As a result, all articles presented damage to living beings that had contact with these emerging contaminants, often irreversible damage. Furthermore, depending on the type of contaminant, such as in fish, the person who feeds on this contaminated animal will also accumulate the contaminant in their body. We conclude that this topic is of enormous relevance, as several other organisms may still be affected.

Keywords: Water. Biota. Effluents. Drugs. Solid Waste.

1 INTRODUÇÃO

As tendências globais de urbanização e o crescimento populacional levaram ao aumento generalizado da ocorrência de contaminantes de preocupação emergente em ambientes aquáticos. Estima-se que a produção mundial desses poluentes tenha aumentado de 1 mil para 500.000 mil toneladas anuais (Khan *et al.*, 2022).

A detecção dos chamados contaminantes emergentes (CEs) em todos os compartimentos ambientais nas últimas décadas emergiu como uma questão preocupante. Esses compostos são

usados em produtos de uso diário, como produtos de higiene pessoal, plastificantes, produtos farmacêuticos, pesticidas, surfactantes, etc (Taheran *et al.*, 2018).

Os CEs são provenientes de fontes naturais e artificiais. Estes foram recentemente identificados em vários tipos de água: em águas superficiais, esgotos municipais, águas subterrâneas e até mesmo água potável. Um alto grau de polaridade destes compostos aumenta a bioacumulação, o que os torna resistentes à degradação.

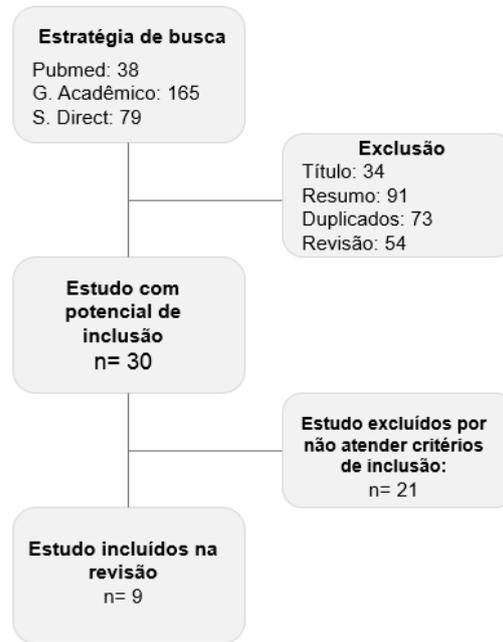
Nas últimas décadas, os CEs em ambientes aquáticos têm atraído atenção e preocupação significativa em todo o mundo devido ao seu potencial em causar toxicidade crônica e aguda nos organismos vivos (Tong *et al.*, 2022). O objetivo desta pesquisa é buscar na literatura danos causados à biodiversidade aquática ocasionados por contaminantes emergentes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Ao projetar este estudo exploratório, foi decidido explorar a escrita de revisão de literatura. Neste artigo a revisão da literatura utilizada é do tipo integrativa, que segundo Souza, Silva e Carvalho (2010) é um método que proporciona a síntese de conhecimento e a incorporação da aplicabilidade de resultados de estudos significativos na prática. Foram utilizados materiais previamente publicados em diferentes bases de dados eletrônicas como: PubMed, Science Direct, e Google Acadêmico. As buscas não foram limitadas por língua, apenas por artigos completos e data de publicação (2013-2023) para que fosse possível ter um panorama do que esse tema vem evoluindo nos últimos 10 anos. A última década foi escolhida para verificar se o acordo firmado em 2015 no plano da Agenda 2030 está evoluindo positivamente em busca do desenvolvimento sustentável. As palavras-chave utilizadas foram: fármacos+biodiversidade, contaminantes+biodiversidade, contaminantes+aquático em português e inglês. Após a leitura foram eliminados artigos repetidos, que não se encaixavam na temática, revisões e não foram repetidos o mesmo contaminante, apresentando um exemplo de cada, visto a vasta variedade de compostos e assim buscando aumentar a diversidade da pesquisa.

A Figura 1 apresenta o fluxograma com as etapas até a escolha dos artigos utilizados nesta pesquisa.

Figura 1 - Fluxograma das etapas de escolha dos artigos.



Fonte: Autores (2023).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O quadro 1 apresenta uma síntese dos artigos apresentados nesta pesquisa, apresentando os autores, contaminante e o dano causado de forma resumida.

Quadro 1 - Síntese dos artigos apresentados nesta pesquisa.

Autores	Contaminante	Organismo alvo	Dano causado
Barry (2014)	Fluoxetina	Girinos (<i>Bufo arabicus</i>)	Animais mais suscetíveis à predação
Feijão <i>et al.</i> 2020	Fluoxetina	Diatomáceas (<i>Phaeodactylum tricornutum</i>)	Afetou a densidade celular e a fotossíntese
Zhao <i>et al.</i> (2022)	Norfloxacina	Lentilha d'água	Inibição a fotoquímica
Tanoue <i>et al.</i> (2014)	Diclofenaco, Etenzamida, Ibuprofeno, Indometacina, Ácido mefenâmico, Bezafibrato, Ácido clofibrico, Ácido fenofibrico, Sertralina, Norsertalina, Difenidramina, Carbamazepina, Crotamiton, Losartana, Triclosan, Triclocarban e N,N-dietil-3-toluamida	Peixes e aves	Encontrados no fígado, rins e cérebro dos peixes e aves, apresentando bioacumulação

Maurya <i>et al.</i> (2019)	Pesticidas	Peixes (<i>Heteropneustes fossilis</i>)	Alterações nos parâmetros hematológicos e histológicos de peixes
Moreira <i>et al.</i> (2020)	Fipronil e herbicida 2,4-D	Alga verde (<i>Raphidocelis subcapitata</i>)	Causou alterações em todos os parâmetros analisados, incluindo a atividade fotossintética.
Zhang <i>et al.</i> (2022)	Microplásticos e tetrabromobisfenol A	Microalgas (<i>Platymonas subcordiformis</i> e <i>Dicrateria zhanjiangensis</i>)	Diminuição na que a motilidade (velocidade e modo de natação)
Lin <i>et al.</i> (2023)	Nano-poliestireno (NPS) e dietilestilbestrol (DES)	Peixe-zebra	Danos no fígado e as gônadas, inibindo a secreção de hormônios sexuais, reduzindo a produção de ovos e causando teratogenicidade na prole.
Santín, Eljarrat e Barceló (2016)	Dezesseis retardadores de chama organofosforados (OPFRs)	Peixes	Treze dos dezesseis compostos analisados foram detectados nos peixes.

Fonte: Autores (2023).

A exposição de espécies aquáticas a fármacos, por exemplo, pode trazer transtornos para o ecossistema. No estudo de Barry (2014) a exposição de girinos (*Bufo arabicus*) à fluoxetina (a 3 µg/L) tornou estes animais mais suscetíveis à predação por larvas de libélulas (*Anax imperator*), além de a fluoxetina reduzir significativamente a velocidade de natação e eliminar completamente a resposta do girino de evitar águas abertas e se esconder, tornando os girinos mais vulneráveis à predação. Para as diatomáceas da espécie *Phaeodactylum tricorutum*, a exposição à fluoxetina em concentrações ambientalmente relevantes afetou negativamente a densidade celular e a fotossíntese. A redução na biomassa das diatomáceas, do ponto de vista ecológico, pode impactar severamente os ecossistemas aquáticos, tanto pela redução de produtividade de oxigênio quanto pela redução da disponibilidade de nutrientes essenciais para níveis tróficos superiores (Feijão *et al.*, 2020).

As macrófitas aquáticas são os principais constituintes da biomassa total nos ecossistemas aquáticos e desempenham papéis vitais como produtores primários. Os efeitos tóxicos e adversos da norfloxacina (NOR) foram avaliados por Zhao *et al.* (2022) para investigar sua influência na lentilha-d'água. Os resultados mostraram que o NOR diminuiu a taxa de crescimento e o conteúdo de fotopigmentos de *Spirodela polyrrhiza*. Os efeitos inibitórios na fotoquímica sugeriram que o NOR

pode afetar o processo conforme revelado pelas mudanças na fluorescência da clorofila. As substâncias resistentes ao estresse (açúcares solúveis, proteína solúvel e prolina) apresentaram tendência de aumento e NOR pode ser o gatilho para a diminuição do pigmento e do crescimento, podendo, eventualmente, levar à morte celular.

No estudo de Tanoue *et al.* (2014), um método de diluição isotópica sensível e preciso foi desenvolvido para a determinação simultânea de 17 resíduos polares de produtos farmacêuticos e de cuidados pessoais (PPCP) ($\log K_{ow} = 1,40-5,74$), incluindo 14 produtos farmacêuticos e 3 produtos de cuidados pessoais, em órgãos e tecidos biológicos. Os resíduos são Diclofenaco, Etenzamida, Ibuprofeno, Indometacina, Ácido mefenâmico, Bezafibrato, Ácido clofibrico, Ácido fenofibrico, Sertralina, Norsertalina, Difenidramina, Carbamazepina, Crotamiton, Losartana, Triclosan, Triclocarban e N, N-dietil-3-toluamida. O método pode ser usado para detectar prontamente os compostos alvo em níveis vestigiais, minimizando ao mesmo tempo o volume de amostra necessário. O método desenvolvido foi aplicado à determinação de 17 PPCPs no fígado e rim de 17 aves coletadas no Japão e também no plasma, fígado e cérebro de 7 peixes ciprinóides de um riacho dominado por efluentes no Japão. O triclosan foi detectado em 5 das 11 aves que comiam peixe, mas não em aves que não comiam peixe, sugerindo a contaminação de presas pelo produto químico. Antiinflamatórios não esteróides, agentes antibacterianos e agentes psicotrópicos foram frequentemente detectados nos tecidos dos peixes. Além disso, 7 dos compostos alvo foram encontrados no cérebro dos peixes. As proporções médias cérebro/plasma dos agentes psicotrópicos variaram de 1,6 (carbamazepina) a 12 (difenidramina), indicando alta transportabilidade para o cérebro dos peixes.

Os pesticidas também são contaminantes emergentes de grande impacto negativo ao meio aquático. Maurya *et al.* (2019) investigaram alterações nos parâmetros hematológicos e histológicos de peixes *Heteropneustes fossilis* quando expostos a águas contaminadas com pesticidas. O contaminante entra no corpo do peixe por diferentes rotas: inalação, oral e dérmica, causando alterações histopatológicas no fígado, intestino, brânquia, músculo e coração. Os peixes expostos à maior concentração de pesticida apresentaram alterações descoordenadas nas respostas comportamentais, principalmente nado errático e espasmódico, alterações fisiológicas, malformativas, histológicas, hematológicas e bioquímicas, frequentes emersões e deglutições, secreção de muco, aumento do movimento opercular e secreção copiosa de muco de todo o corpo.

Em outro estudo, realizado por Moreira *et al.* (2020), foi possível observar alterações em múltiplos parâmetros para a alga verde *Raphidocelis subcapitata* exposta ao pesticida Fipronil e herbicida 2,4-D. Os resultados indicaram que o Fipronil, isoladamente, inibiu o crescimento das algas, causou alterações fisiológicas (clorofila a), morfológicas (tamanho da célula) e bioquímicas

(aumento das classes lipídicas triacilglicerol - TAG, ácido graxo livre - FFA e lipídio polar móvel acetona - AMPL). Para o herbicida 2,4-D houve aumento da fluorescência da clorofila a, do tamanho celular e das classes lipídicas TAG e FFA. Já a mistura desses pesticidas tiveram mais efeitos sobre as algas, causando alterações em todos parâmetros analisados, incluindo a atividade fotossintética.

Os micros e nanoplásticos também são contaminantes emergentes que causam danos à biota. Zhang *et al.* (2022) pesquisaram os efeitos de microplásticos (MPs) e tetrabromobisfenol A (TBBPA) isoladamente e em combinação, na motilidade de duas microalgas, *Platymonas subcordiformis* e *Dicrateria zhanjiangensis*. Os resultados demonstraram que a motilidade (velocidade e modo de natação) dessas microalgas foi significativamente suprimida pelo poluente testado. Análises posteriores indicaram que as microalgas expostas a poluentes tinham um conteúdo intracelular significativamente menor de trifosfato de adenosina (ATP), o que pode ser devido à interrupção da fotossíntese e da glicólise. Além disso, os dados mostraram que os poluentes testados impuseram estresse oxidativo significativo à microalga, o que pode ser outro motivo para o declínio da motilidade observada. Além disso, o crescimento de microalgas foi significativamente inibido pelos poluentes testados, e a exposição simultânea a TBBPA e MPs demonstrou ser mais tóxica do que a exposição isolada. Os dados obtidos indicam que os MPs e TBBPA transmitidos pela água podem representar uma ameaça significativa para as microalgas marinhas e, posteriormente, para a saúde do ecossistema marinho.

Lin *et al.* (2023), também realizou estudos analisando o efeito de desregulação endócrina e toxicidade reprodutiva em peixe-zebra expostos a nano-poliestireno (NPS) e dietilestilbestrol (DES), sob exposição separada e combinada. Os resultados indicaram que o NPS teve uma toxicidade fraca, mesmo em uma concentração alta. Já o DES, agindo como um estrogênio exógeno bem conhecido, teve um forte efeito tóxico. Sua co-exposição representa uma grande ameaça para o peixe-zebra adulto e sua prole, danificando o fígado e as gônadas, inibindo a secreção de hormônios sexuais, reduzindo a produção de ovos e causando teratogenicidade na prole.

É importante citar os aditivos utilizados na indústria, principalmente a polimérica, estes também considerados CE.

Foi desenvolvido com sucesso por Santín, Eljarrat e Barceló (2016) um método para analisar simultaneamente dezesseis retardadores de chama organofosforados (OPFRs) por cromatografia líquida-quadrupolo-linear ion trap espectrometria de massa (LC-QqLIT-MS) em amostras de peixes. Treze dos dezesseis compostos analisados foram detectados. Pelo menos um dos dezesseis OPFR estudados foi detectado em todas as amostras analisadas, com níveis de Σ OPFR de até 2.423 ng/g lw. Este é o primeiro estudo que relata os níveis de Tris (isopropil -

fenil)fosfato (IPPP) e fosfato de isodecildifenil (IDPP) em amostras de biota. Além disso, os níveis encontrados para IPPP são bastante elevados (até 601 ng/g pv) e, portanto, é importante considerar no desenvolvimento futuro de metodologias analíticas para análise de OPFR.

Todos os estudos apresentados corroboram na problemática que os contaminantes emergentes causam aos seres vivos não-alvo, ou seja, aqueles que são afetados pela contaminação ambiental, neste caso os organismos aquáticos.

4 CONCLUSÃO

A contaminação ambiental é um problema global, sendo necessário a busca constante de soluções para minimizar os danos causados ao meio ambiente. Os contaminantes emergentes trazem danos às vezes irreversíveis no compartimento ambiental do qual estão contaminando, como comprovado nesta pesquisa através de artigos com resultados significativos no meio aquático, tanto na fauna como na flora.

É preciso que todos tenham consciência que pequenas ações podem trazer grandes resultados, como por exemplo, não jogar remédios em pias e vasos sanitários. Todos somos responsáveis por um meio ambiente saudável e equilibrado, conservando a biodiversidade.

REFERÊNCIAS

- BARRY, M. J. Fluoxetine inhibits predator avoidance behavior in tadpoles. **Toxicological & Environmental Chemistry**, v. 96, n. 4, p. 641-649, 2014.
- FEIJÃO, E.; CARVALHO, R. C. de; DUARTE, I. A.; MATOS, A. R.; CABRITA, M. T.; NOVAIS, S. C.; LEMOS, M. F. L.; CAÇADOR, I.; MARQUES, J. C.; REIS-SANTOS, P. Fluoxetine Arrests Growth of the Model Diatom *Phaeodactylum tricornutum* by Increasing Oxidative Stress and Altering Energetic and Lipid Metabolism. **Frontiers In Microbiology**, v. 11, p. 1-17, 2020.
- KHAN, S.; NAUSHAD, M.; GOVARTHANAN, M.; IQBAL, J.; ALFADUL, S. M. Emerging contaminants of high concern for the environment: current trends and future research. **Environmental Research**, v. 207, p. 112609, maio 2022.
- LIN, X.; WANG, Y.; YANG, X.; WATSON, P.; YANG, F.; LIU, H. Endocrine disrupting effect and reproductive toxicity of the separate exposure and co-exposure of nano-polystyrene and diethylstilbestrol to zebrafish. **Science Of The Total Environment**, v. 865, p. 161100, 2023.
- MAURYA, P. K.; MALIK, D. S.; YADAV, K. K.; GUPTA, N.; KUMAR, S. Haematological and histological changes in fish *Heteropneustes fossilis* exposed to pesticides from industrial waste water. **Human And Ecological Risk Assessment: An International Journal**, v. 25, n. 5, p. 1251-1278, 2019.
- MOREIRA, R. A.; ROCHA, G. S.; SILVA, L. C. M. da; GOULART, B. V.; MONTAGNER, C. C.; MELÃO, M. G. G.; ESPINDOLA, E. L. G. Exposure to environmental concentrations of fipronil

and 2,4-D mixtures causes physiological, morphological and biochemical changes in *Raphidocelis subcapitata*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 206, p. 111180, dez. 2020.

SANTÍN, G.; ELJARRAT, E.; BARCELÓ, D. Simultaneous determination of 16 organophosphorus flame retardants and plasticizers in fish by liquid chromatography-tandem mass spectrometry. **Journal Of Chromatography A**, v. 1441, p. 34-43, 2016.

SOUZA, M. T.; SILVA, M. D. da; CARVALHO, R. de. Integrative review: what is it? how to do it? **Einstein** (São Paulo), v. 8, n. 1, p. 102-106.

TAHERAN, M.; NAGHDI, M.; BRAR, S. K.; VERMA, M.; SURAMPALLI, R. Y. Emerging contaminants: here today, there tomorrow! **Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management**, v. 10, p. 122-126, 2018.

TANOUE, R.; NOMIYAMA, K.; NAKAMURA, H.; HAYASHI, T.; KIM, J.; ISOBE, T.; SHINOHARA, R.; TANABE, S.. Simultaneous determination of polar pharmaceuticals and personal care products in biological organs and tissues. **Journal Of Chromatography A**, v. 1355, p. 193-205, 2014.

TONG, X.; MOHAPATRA, S.; ZHANG, J.; TRAN, N. H.; YOU, L.; HE, Y.; GIN, K. Y. Source, fate, transport and modelling of selected emerging contaminants in the aquatic environment: current status and future perspectives. **Water Research**, v. 217, p. 118418, 2022.

ZHANG, W.; SUN, S.; DU, X.; HAN, Y.; TANG, Y.; ZHOU, W.; SHI, W.; LIU, G.. Toxic impacts of microplastics and tetrabromobisphenol A on the motility of marine microalgae and potential mechanisms of action. **Gondwana Research**, v. 108, p. 158-170, 2022.

ZHAO, X.; LI, P.; QU, C.; LU, R.; LI, Z. Phytotoxicity of environmental norfloxacin concentrations on the aquatic plant *Spirodela polyrrhiza*: evaluation of growth parameters, photosynthetic toxicity and biochemical traits. **Comparative Biochemistry And Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 258, p. 109365, 2022.

CAPÍTULO 4

IMPACTOS DOS MICROPLÁSTICOS NOS ORGANISMOS AQUÁTICOS: UMA REVISÃO

IMPACTS OF MICROPLASTICS ON AQUATIC ORGANISMS: A REVIEW

Andreza Catarina Medeiros Santos   

Graduanda em Ciências Biológicas, Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Educação e Saúde, Paraíba - PB, Brasil

Daniela Sotério de Souza   

Graduanda em Ciências Biológicas, Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Educação e Saúde, Paraíba - PB, Brasil

José Lucas da Silva   

Graduando em Ciências Biológicas, Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Educação e Saúde, Paraíba - PB, Brasil

DOI: 10.52832/wed.67.413 



RESUMO

A poluição decorrente do descarte inadequado dos resíduos plásticos e mais precisamente dos microplásticos vem trazendo diversos danos ao meio ambiente. Os microplásticos são polímeros convertidos a partículas menores de 0,5 centímetros. Logo, grande parte desses polímeros são encontrados no ambiente aquático e assim expõem os seres marinhos ao risco de contaminação, alterações biológicas e ecológicas ou até mesmo a morte da espécie. Diante disso, o objetivo do estudo foi verificar na literatura como os microplásticos afetam os seres vivos marinhos. Metodologicamente, trata-se de uma revisão narrativa de literatura, realizada a partir da busca e coleta de material científico na plataforma SciELO, usou-se o termo “Microplásticos”. Foram incluídos 5 artigos publicados entre 2018 e 2023, escritos em língua inglesa, estudos experimentais e *in vitro*. A revisão apontou que a contaminação das espécies aquáticas proveniente dos microplásticos podem acarretar diversos problemas como, por exemplo, alterar suas funções fisiológicas, biológicas, ecológicas e podendo provocar a morte do animal, além disso o ser humano pode ser contaminado pelo microplástico já que essas espécies são consumidas na alimentação. Deste modo, é perceptível que o microplástico afeta diretamente a vida dos seres marinhos e colocando em perigo a vida desses seres.

Palavras-chave: Impacto. Peixes. Plástico.

ABSTRACT

Pollution resulting from the inadequate disposal of plastic waste and, more precisely, microplastics has been causing various damages to the environment. Microplastics are polymers converted into particles smaller than 0.5 centimeters. Therefore, a large part of these polymers are found in the aquatic environment and thus expose marine beings to the risk of contamination, biological and ecological changes or even the death of the species. Therefore, the objective of the study was to verify in the literature how microplastics affect marine living beings. Methodologically, this is a narrative literature review, carried out from the search and collection of scientific material on the SciELO platform, using the term “Microplastics”. 5 articles published between 2018 and 2023, written in English, experimental and *in vitro* studies were included. The review pointed out that the contamination of aquatic species from microplastics can cause several problems, such as, for example, altering their physiological, biological, ecological functions and potentially causing the death of the animal. In addition, humans can be contaminated by microplastics since these species are consumed in food. Therefore, it is clear that microplastics directly affect the lives of marine beings and endanger their lives.

Keywords: Impact. Fish. Plastic.

1 INTRODUÇÃO

A poluição é o descarte incorreto do plástico é um problema de grande impacto sobre o ambiente e má desorganização dos resíduos sólidos. Os plásticos são materiais poliméricos sintéticos e impermeáveis, podem ser transparentes ou coloridos e apresentam baixo custo. Ao apresentarem diversas vantagens, são utilizados em vários setores da sociedade. O microplástico trata-se do plástico convertido em diminutas partículas com cerca de 0,5 centímetros (Montagner *et al.*, 2021). De acordo com o tamanho original do plástico, são classificados em primários e secundários. MPs primários corresponde a matéria-prima da indústria plástica, e os secundários são

oriundos do processo de degradação de resíduos plásticos maiores (meso e macroplásticos) através da ação foto-oxidação, hidrólise, fragmentação química e a biodegradação (Ma *et al.*, 2023).

Sendo assim, esse problema ambiental que afeta diversos ecossistemas aquáticos e os organismos que habitam sobre ele vem sofrendo alterações em decorrência do microplástico (MPs) que é lançado às margens ou diretamente no ambiente marinho (Vargas *et al.*, 2022). Estudos anteriores relataram que cerca de 15% dos MPs estão sobre a coluna de água, e no fundo do mar são estabelecidos 70% dos MPs, além disso os estudos também apontaram que mais de 90% dos microplásticos aquáticos se acumulam em sedimentos (Pinto *et al.*, 2022).

O lixo descartado de maneira irregular nos diferentes reservatórios ambientais é oriundo das indústrias, esgotos domésticos, escoamento pluvial, falta de conscientização dos governantes e da população e a não utilização das lixeiras seletivas nos ecossistemas (Pinto *et al.*, 2022). É de extrema relevância a identificação das possíveis fontes de microplásticos, e assim seja um caminho para solucionar a crítica situação dos corpos hídricos. O escoamento do plástico para ambientes aquáticos não ocorre apenas no fim do ciclo de uso do produto, mas durante a fase de produção e transporte (Silva *et al.*, 2023).

Sendo assim, o presente estudo teve como principal objetivo verificar a partir do levantamento bibliográfico de como a presença dos microplásticos afetam os organismos aquáticos. Tendo em vista que há poucos estudos que abordam essa problemática diante de tantos impactos provocados pelos microplásticos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho trata-se de uma revisão narrativa da literatura realizada por meio da pesquisa por artigos encontrados na plataforma SciELO. A revisão narrativa trata-se de um estudo que busca de maneira não sistematizada a revisão da literatura. É relevante para o revisor pesquisar atualizações a respeito de um determinado tema e assim, dando suporte teórico para a revisão (Casarin *et al.*, 2020).

Na obtenção dos dados da plataforma SciELO foram utilizados filtros: texto completo e intervalo de tempo de 2018 a 2023. Aplicou-se o seguinte descritor “*Microplásticos*” para busca dos estudos. Por meio da pesquisa, inicialmente foram obtidos 6 artigos. Após a aplicação dos critérios de seleção, ocorreu o refinamento dos estudos. Os critérios de inclusão utilizados foram: estudos completos, experimentais, de acesso livre, em língua inglesa e estudos publicados no período de 2018 e 2023. Os critérios de exclusão foram: revisões de literatura, resumos simples e expandidos, monografias de graduação, dissertações de mestrado e trabalhos que não se enquadrar com o intuito do trabalho.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente foram identificados 6 estudos. Logo em seguida os estudos passaram por uma triagem e seleção de acordo com critérios de inclusão e exclusão, foram incluídos 5 artigos científicos.

Os 5 artigos selecionados para revisão foram classificados na tabela 1 contendo autoria, ano, tipo de microplástico e o ser vivo que foi encontrado.

Quadro 1 - Resultados da busca metodológica e seleção de artigos.

Autoria	Ano	Tipo de microplástico	Local	Espécie em que foi encontrado
Oliveira <i>et al.</i>	2020	Não identificado	Rio Sorocaba	<i>Rhamdia quelen</i> , <i>Hoplosternum littorale</i> e <i>Astyanax fasciatus</i> .
Hernández <i>et al.</i>	2021	Linhas, fragmentos e filmes	Lago Amatitlán	<i>Oreochromis niloticus</i>
Ramos <i>et al.</i>	2022	Não especificado	Rio Paraná	<i>Trachelyopterus galeatus</i> , <i>Serrasalmus maculatus</i> e <i>Schizodon borellii</i>
Rojas <i>et al.</i>	2023	Partículas microplásticas de fibras azuis e pelotas	Rios Nanay e Amazonas	<i>Calophysus macropterus</i> , <i>Sorubim-lima</i> , <i>Brycon amazônico</i> , <i>Ageneiosus inermis</i> , <i>Pseudoplatistoma fasciatum</i> e <i>Myleus Schomburgki</i>
Castro <i>et al.</i>	2023	Pellets de garrafas PET	Teste <i>in vitro</i>	<i>Daphnia similis</i> Claus, 1976

Fonte: Autores (2023).

Oliveira *et al.* (2020) destacam a preocupação levantada em sua pesquisa inicial, pois os microplásticos detectados através da análise estomacal dos peixes considerados onívoros exploram o fundo ou a coluna d'água. Além disso, os autores evidenciam que são necessários estudos sobre microplásticos em rios tropicais como o Rio Sorocaba, uma vez que novas evidências sobre a poluição por esses agentes poderão gerar discussões sobre efeitos mitigadores e como impactam todo o ecossistema aquático e sua biota.

Segundo Hernández *et al.* (2021) a presença de microplásticos na maioria dos peixes é um bom indicador de que os ambientes aquáticos apresentam um problema de contaminação por tais poluentes, que podem acarretar riscos para os peixes, bem como alterar a rede trófica e atingindo os seres humanos. Além disso, resultados também devem ser considerados pelas autoridades ambientais para minimizar a contaminação nestes ambientes.

A ocorrência de microplásticos relatada levanta a questão sobre a contaminação de unidades de conservação em ambientes aquáticos de água doce ligadas a áreas urbanas. Ademais, o consumo de microplásticos por peixes e outros animais pode causar efeitos fisiológicos negativos (Ramos *et al.*, 2022).

A pesquisa conduzida por Rojas *et al.* (2022), revelou uma concentração mais elevada de microplásticos em espécies de peixes destinadas ao consumo humano na cidade de Iquitos Peru, em comparação com estudos anteriores na mesma região. Além disso, constatou-se a presença de microplásticos não apenas nos órgãos internos, mas também nas guelras dos peixes. A quantidade de partículas de microplástico não apresentou correlação com o tamanho ou peso corporal dos peixes; no entanto, os peixes de hábito alimentar carnívoro exibiram uma quantidade maior de partículas. A presença de microplásticos em peixes dentro da área de influência de centros urbanos na região amazônica é amplamente difundida devido ao descarte incorreto de esgoto diretamente nos rios. Portanto, é crucial manter uma vigilância sobre os potenciais efeitos dessa contaminação na vida aquática e na população humana que depende dela para se alimentar.

Castro *et al.* (2023) investigaram em ambiente controlado que os microplásticos PET secundários não exibiram toxicidade aguda para *Daphnia similis Claus*, uma espécie de água doce. No entanto, à medida que a concentração de microplásticos aumentou em exposições de longo prazo, houve um incremento na taxa de mortalidade. Além disso, após 21 dias de exposição a uma concentração de 10^6 partes. mL⁻¹ houve uma diminuição no número total de descendentes e um atraso na primeira reprodução. A ausência de efeitos agudos e a presença de efeitos crônicos alertam para a necessidade de cautela ao interpretar resultados e tirar conclusões de experimentos de curto prazo, uma vez que no ambiente natural, as espécies estão sujeitas a exposições prolongadas.

4 CONCLUSÃO

Portanto, a partir do presente estudo foi possível identificar que a presença do microplástico nos seres marinhos pode implicar nas suas atividades ecológicas e também nas condições biológicas. Logo, a presença dos microplásticos nas espécies encontradas pode alterar a locomoção, alimentação e outros sistemas do corpo do animal, podendo provocar a morte e até

mesmo implicando na saúde humana, tendo em vista que essas espécies são consumidas como alimento. Além disso, os microplásticos são altamente tóxicos aos seres vivos, devido seu pequeno tamanho absorvem compostos com alto índices de toxicidade, como os metais pesados, logo a ocorrência dos microplásticos nos ambientes aquáticos são decorrentes de algumas ações irregulares realizadas pelo ser humano, tais como: a contaminação dos afluentes por meio dos esgotos e pelo descarte irregular dos materiais plásticos.

Em virtude da alta taxa desses polímeros nos ambientes aquáticos, é necessário medidas mais severas para combater o descarte desses resíduos de maneira irregular. Contudo, a necessidade de novos estudos que comprovem como esses polímeros podem trazer danos aos seres vivos aquáticos e as principais fontes, e assim chamar atenção da população e dos responsáveis.

REFERÊNCIAS

CASARIN, S. T.; Porto, A. R.; GABATZ, R. I. B.; BONOW, C. A.; RIBEIRO, J. P., & MOTA, M. S. Tipos de revisão de literatura: considerações das editoras do Journal of Nursing and Health/Types of literature review: considerations of the editors of the Journal of Nursing and Health. **Journal of Nursing and Health**, v. 10, n. 5, 2020.

CASTRO, DGD; DESTRO, ALF; COIMBRA, ECL; SILVA, ALLD, & MOUNTEER, AH. Efeitos dos microplásticos PET no crustáceo de água doce *Daphnia similis* Claus, 1976. **Acta Limnológica Brasiliensia**, v. 35, p. e6, 2023.

MA, Y. B.; XIE, Z. Y.; HAMID, N.; TANG, Q. P.; DENG, J. Y.; LUO, L.; PEI, D. S. Recent advances in micro (nano) plastics in the environment: distribution, health risks, challenges and future prospects. **Aquatic Toxicology**, p. 106597, 2023.

MONTAGNER, C. C.; DIAS, M. A.; PAIVA, E. M.; VIDAL, C. Microplásticos: Ocorrência Ambiental e Desafios Analíticos. **Química Nova**, v. 44, p. 1328-1352, 2021.

NETO, H. H. L. C.; SILVESTRE, R. C. M.; JEAN, R. N. P.; DOS SANTOS, A. V. A., & DA SILVA, F. C. A primeira avaliação de microplásticos no Rio Xingu. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 20, n. 2023, 2023.

OLIVEIRA, C. W. S.; CORRÊA, C. S.; SMITH, W. S. Food ecology and presence of microplastic in the stomach content of neotropical fish in an urban river of the upper Paraná River Basin. **Revista ambiente & água**, v. 15, 2020.

OLIVEIRA-HERNÁNDEZ, B. E.; SANTOS-RUIZ, F. M.; MUÑOZ-WUG, M. A., & PÉREZ-SABINO, J. F. Microplastics in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) from Lake Amatitlán. **Revista Ambiente & Água**, v. 16, 2021.

PINTO, L. J. L. B.; SILVA, F. D.; CAJADO, F. J. L., & LIMA, P. V. P. S. Microplásticos no oceano: sob a perspectiva da economia azul. **Publishing Sustenere**, v. 13, n. 1, 2022.

RAMOS, J. K. K.; SILVA, N. L. D.; BONFIM, V. C. D.; FORNARI, B. Y.; KLIEMANN, B. C. K.;

PAGLIARINI, C. D., & RAMOS, I. P. Characterization of wild fish diet and trophic guild in a protected area. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 34, p. e15, 2022.

ROJAS, R. R., ARANGO-MORA, C.; NOLORBE-PAYAHUA, C.; MEDINA, M.; VASQUEZ, M.; FLORES, J., & VASCONCELOS-SOUZA, M. Microplastic occurrence in fish species from the Iquitos region in Peru, western Amazonia. **Acta Amazonica**, v. 53, p. 65-72, 2023.

SILVA, V. C. C.; NETTO, A.; VERNIN, N. S., & DE ANDRADE, R. C. Estudo das fontes de poluição por microplásticos recorrentes na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 20, n. 2023, 2023.

VARGAS, J. G. M.; SILVA, V. B. D.; OLIVEIRA, L. K. D., & MOLINA, E. F. Microplásticos: uso na indústria cosmética e impactos no ambiente aquático. **Química Nova**, v. 45, p. 705-711, 2022.

CAPÍTULO 5

O AR QUE RESPIRAMOS: ESTUDOS COM *Tradescantia pallida* (ROSE) D.R. HUNT. (COMMELINACEAE) NOS MUNICÍPIOS DO MATO GROSSO DO SUL

THE AIR WE BREATHE: STUDIES WITH *Tradescantia pallida* (ROSE) D.R. HUNT. (COMMELINACEAE) IN THE MUNICIPALITIES OF MATO GROSSO DO SUL

Rosicleia Matias da Silva   

Núcleo de Botânica e Ecologia Aplicada, Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, Universidade Federal da Grande Dourados, Mato Grosso do Sul - MS, Brasil

Claudemir Antonio Garcia Fioratti   

Núcleo de Botânica e Ecologia Aplicada, Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, Universidade Federal da Grande Dourados, Mato Grosso do Sul - MS, Brasil

Emmanuel Martinez Costa   

Núcleo de Botânica e Ecologia Aplicada, Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, Universidade Federal da Grande Dourados, Mato Grosso do Sul - MS, Brasil

Ana Carolina Poças Traverssini   

Núcleo de Botânica e Ecologia Aplicada, Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, Universidade Federal da Grande Dourados, Mato Grosso do Sul - MS, Brasil

Rosilda Mara Mussury   

Núcleo de Botânica e Ecologia Aplicada, Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, Universidade Federal da Grande Dourados, Mato Grosso do Sul - MS, Brasil

DOI: 10.52832/wed.67.414 



RESUMO

O aumento significativo da frota de veículos motorizados tem contribuído para a concentração de poluentes atmosféricos nas áreas urbanas, afetando tanto a qualidade de vida quanto o meio ambiente. O presente estudo se propôs a identificar os municípios do Mato Grosso do Sul que passaram por biomonitoramento nos últimos anos, utilizando *Tradescantia pallida* como um indicador biológico da qualidade do ar. A revisão bibliográfica revelou que 31 municípios foram submetidos a esse monitoramento de 2010 a 2021, permitindo a identificação de variações na frequência de micronúcleos, influenciadas por fatores como o tráfego de veículos, o clima e a geografia. Além disso, evidenciou que os micronúcleos são bioindicadores mais sensíveis para avaliar os impactos da poluição atmosférica, superando o índice estomático. Esses resultados enfatizam a importância de monitorar a qualidade do ar e compreender suas implicações na saúde humana e no meio ambiente. Em pesquisas futuras, é fundamental aprofundar a análise dessas relações e investigar os efeitos específicos da poluição do ar na saúde das pessoas e no ecossistema, contribuindo para o desenvolvimento de estratégias de mitigação e políticas de controle ambiental mais eficazes.

Palavras-chave: Micronúcleos. Trapoeraba-roxa. Planta Bioindicadora. Poluição Atmosférica.

ABSTRACT

The significant increase in the motor vehicle fleet has contributed to the concentration of atmospheric pollutants in urban areas, affecting both quality of life and the environment. This study aimed to identify municipalities in Mato Grosso do Sul that underwent biomonitoring in recent years, using *Tradescantia pallida* as a biological indicator of air quality. The literature review revealed that 31 municipalities underwent this monitoring from 2010 to 2021, allowing the identification of variations in micronucleus frequency influenced by factors such as vehicular traffic, climate, and geography. Additionally, it highlighted that micronuclei are more sensitive bioindicators for assessing the impacts of air pollution, surpassing the stomatal index. These results emphasize the importance of monitoring air quality and understanding its implications for human health and the environment. In future research, it is crucial to deepen the analysis of these relationships and investigate the specific effects of air pollution on human health and the ecosystem, contributing to the development of more effective mitigation strategies and environmental control policies.

Keywords: Micronuclei. Trapoeraba-roxa. Bioindicator Plant. Atmospheric Pollution.

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o avanço econômico proporcionou melhorias substanciais para muitos países em desenvolvimento, resultando em maior acesso a bens de consumo e um aumento nos níveis de bem-estar da população. Entretanto, esse mesmo crescimento econômico também acentuou a degradação ambiental e a poluição dos recursos naturais devido ao rápido crescimento dos grandes centros urbanos (World Intellectual Property Organization, 2022).

No Brasil, a concentração de poluentes atmosféricos teve um rápido aumento devido à crescente posse e utilização de veículos motorizados. De acordo com dados fornecidos pela Secretaria Nacional do Trânsito (Senatran, 2022), o país possui cerca de 115 milhões de veículos

automotores em circulação. Atualmente, o estado de Mato Grosso do Sul (MS) possui 15,9% desses veículos, sendo o município de Dourados responsável por 179 mil veículos e a mesorregião Centro-Norte do estado responsável por uma frota de 800 mil veículos (Senatran, 2022).

O número de veículos no estado de Mato Grosso do Sul aumentou em cerca de 150% desde o levantamento realizado em 2007 (Senatran, 2022). Esse aumento provoca impactos negativos tanto no meio ambiente quanto na qualidade de vida das comunidades expostas aos poluentes liberados por esses veículos (Souza e Miranda, 2018; Godoi *et al.*, 2021). Entre os problemas ambientais, destacam-se a acidificação de rios e solos florestais e a perda de sua fauna e flora, assim como a corrosão de edifícios e monumentos históricos (Azuaga, 2000; Martins *et al.*, 2002; Ferioli; Rodrigues, 2018).

Em termos de saúde humana, alguns dos principais problemas envolvem doenças cardiorrespiratórias, taxas mais elevadas de asma e bronquite, alterações nos sistemas imunológicos em indivíduos saudáveis e com problemas circulatórios (Azuaga, 2000; Godoi *et al.*, 2021). Nota-se que a poluição do ar não se restringe exclusivamente às áreas onde se origina, uma vez que as partículas e gases, impulsionados pelas correntes de ar, se espalham para além das fronteiras regionais e nacionais (Azuaga, 2000).

Alguns dos poluentes ambientais mais comuns em áreas urbanas, como monóxido de carbono, dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrogênio, dióxido de enxofre e hidrocarbonetos apresentam características mutagênicas e cancerígenas (Drumm *et al.*, 2014). *Tradescantia pallida* (Rose) D.R. Hunt. (Commelinaceae), também conhecida como trapoeraba-roxa, tem sido amplamente empregada como um bioindicador, uma vez que algumas mutações somáticas, induzidas por agentes mutagênicos ou carcinogênicos causam alterações em seus cromossomos e estão associadas à formação de micronúcleos (Carvalho, 2005).

A trapoeraba-roxa é uma planta herbácea e suculenta que pode atingir até 25 centímetros de altura (Lorenzi; Souza, 2001). Essa espécie floresce o ano inteiro, é de fácil cultivo e manejo, requer poucos cuidados e suas respostas no biomonitoramento são confiáveis e de fácil avaliação. O bioensaio de micronúcleo em *Tradescantia* (Trad-MCN) desempenha um papel crucial em estudos epidemiológicos que visam estabelecer conexões entre a poluição do ar e sua influência na saúde humana (Godoi *et al.*, 2021).

Observou-se que níveis crescentes de poluentes atmosféricos resultam em maior número de estômatos nas superfícies foliar das plantas e no aumento da frequência de micronúcleos nas células vegetais, reforçando a compreensão de que tais poluentes terão efeitos nocivos aos seres humanos (Guimarães *et al.*, 2004; Prajapati e Tripathi, 2008). Os poluentes atmosféricos penetram nas folhas das plantas por meio dos poros estomáticos durante as trocas gasosas, podendo causar

diversas alterações em sua fisiologia, metabolismo e estrutura celular (Brobov, 1955; Larcher, 2000).

Considerando a importância da qualidade do ar no contexto do desenvolvimento sustentável, uma vez que impacta diretamente a saúde humana, a biodiversidade e a qualidade de vida (Confalonieri *et al.*, 2002), este estudo teve como propósito identificar os municípios do Mato Grosso do Sul que foram submetidos ao biomonitoramento nos últimos anos, empregando a *Tradescantia pallida* como indicador biológico da qualidade do ar.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho corresponde a uma análise de dados secundários, realizada por meio de uma revisão sistemática qualitativa de literatura, como o objetivo de responder as seguintes questões: “Quais municípios localizados no estado do Mato Grosso do Sul foram submetidos ao biomonitoramento da qualidade do ar utilizando *Tradescantia pallida* como modelo-teste? E quais os principais resultados?”.

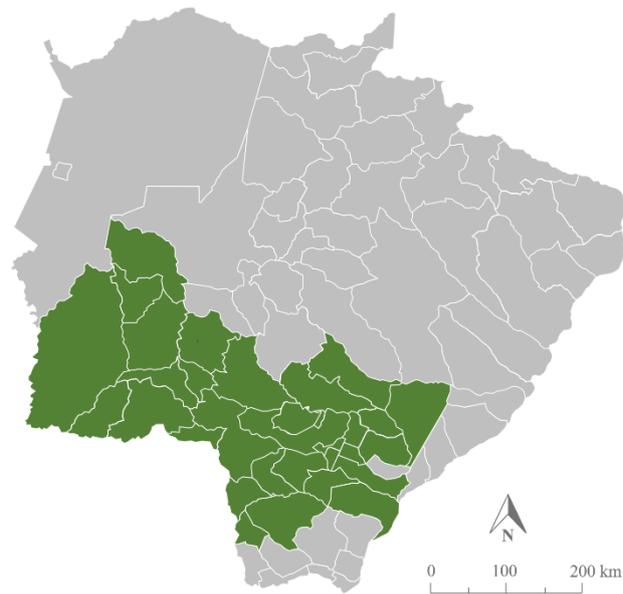
A revisão bibliográfica foi realizada nas bases de dados eletrônicas PubMed, Google Acadêmico e Web of Science no período de setembro a novembro de 2023, utilizando as palavras-chave "*Tradescantia pallida*", "Mato Grosso do Sul" e "Bioindicador" em três idiomas: português, espanhol e inglês. Além disso, foi realizada uma pesquisa exploratória na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD). O protocolo metodológico seguiu a abordagem adotada por Barbosa *et al.* (2013).

Para estabelecer um limite temporal, os artigos incluídos na base de dados PubMed foram restritos ao período de 2003 a 2023 (20 anos), enquanto nas outras bases, qualquer artigo que ultrapassasse esse limite foi excluído. Foram incluídos, após leitura de títulos e resumos, os artigos que se encaixavam no tema proposto e que foram redigidos nas línguas inglesa, portuguesa ou espanhola.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O levantamento bibliográfico apontou que *T. pallida* foi empregada como espécie bioindicadora da qualidade do ar em 31 municípios do Mato Grosso do Sul sendo eles: Amambai, Antonio João, Aral Moreira, Bela Vista, Coronel Sapucaia, Laguna Caarapã, Maracaju, Naviraí, Ponta Porã (Rocha *et al.*, 2018), Bodoquena, Bonito, Caracol, Guia Lopes da Laguna, Jardim, Nioaque, Porto Murtinho (Salgueiro *et al.*, 2021), Dourados, Itaporã, Deodápolis, Douradina, Rio Brillhante, Nova Alvorada do Sul, Caarapó, Juti, Fatima do Sul, Gloria de Dourados, Vicentina, Jatei (Crispim *et al.*, 2012; Godoi *et al.* 2021), Angelica, Ivinhema e Nova Andradina (Soares *et al.*, 2023) (Figura 1).

Figura 1 – Municípios do Mato Grosso do Sul submetidos ao biomonitoramento da qualidade do ar com *Tradescantia pallida* (Rose) D.R. Hunt. (Commelinaceae).



Fonte: Autores (2023).

O primeiro biomonitoramento no estado foi realizado em 2010 no município de Dourados (Crispim *et al.*, 2012). Os pesquisadores notaram que os locais de coleta com maior tráfego de veículos automotores, exibiram maior incidência de micronúcleos, indicando níveis mais elevados de contaminação do ar por agentes genotóxicos que podem danificar o DNA celular. No ano seguinte, uma nova coleta foi realizada nesse mesmo município, os resultados apontaram um aumento no número de células epidérmicas e na densidade estomática em *T. pallida* que estavam em locais com alto tráfego de veículos. Os pesquisadores concluíram que essas alterações são respostas fisiológicas da planta para aumentar a troca gasosa em ambientes altamente poluídos (Crispim *et al.*, 2014).

Spósito *et al.* (2015) realizaram um estudo de três anos em Dourados, onde encontraram diferenças significativas na frequência de micronúcleos em três pontos da cidade. Em 2010, o ponto com o maior tráfego de veículos registrou média de 24,4 micronúcleos, enquanto o ponto com o menor tráfego teve 5,6 micronúcleos. Em 2011, o ponto mais movimentado atingiu 35,4 micronúcleos, enquanto o ponto menos movimentado teve 8,4 micronúcleos. Em 2012, essa tendência de diferenças persistiu, com o ponto de maior tráfego alcançando 28,1 micronúcleos e o ponto de menor tráfego registrando 15,1 micronúcleos. Esses resultados mostram um aumento na frequência de micronúcleos ao longo do tempo, conseqüentemente, indicam um aumento na poluição ambiental dessa região.

Em 2014, um estudo de biomonitoramento foi conduzido na microrregião de Dourados, composta por 11 municípios: Caarapó, Deodápolis, Douradina, Dourados, Fátima do Sul, Glória de Dourados, Itaporã, Juti, Nova Alvorada do Sul, Rio Brilhante e Vicentina (Roman *et al.*, 2016). Os resultados revelaram que, durante o mês de maio, não houve diferença significativa na frequência de micronúcleos entre os municípios analisados. No entanto, em junho, Fátima do Sul apresentou diferença significativa em relação aos demais municípios e ao ponto controle (Mata do Azulão), mesmo sendo um município menor em comparação com Dourados, Rio Brilhante e Caarapó.

Os pesquisadores observaram que em setembro de 2014, apenas Juti, Douradina e Nova Alvorada do Sul não diferiram do ponto controle, enquanto em novembro, somente Juti e Vicentina apresentaram semelhanças estatística com o controle. Durante o intervalo de maio a novembro, a frequência de micronúcleos no município de Dourados aumentou significativamente, indo de 3,66 para 40 micronúcleos, representando um aumento substancial em um curto período de tempo (Roman *et al.*, 2016).

Godoi *et al.* (2021) também investigaram os municípios dessa microrregião em 2014. Os pesquisadores notaram que os municípios com maior frequência de micronúcleos apresentaram os maiores índices de doenças cardiorrespiratória (pneumonia, arritmias, embolia pulmonar, entre outras). Na maioria dos municípios também houve um aumento gradual dos parâmetros de genotoxicidade ao longo das estações, com aumento significativo nas estações de inverno e primavera.

Nos dois anos seguintes, Rocha *et al.* (2018) conduziram um estudo de biomonitoramento em nove municípios da mesorregião Sudoeste do estado, sendo eles: Amambai, Antônio João, Aral Moreira, Coronel Sapucaia, Bela Vista, Laguna Caarapã, Maracaju, Naviraí e Ponta Porã. Eles observaram que Ponta Porã apresentou uma frequência mais elevada de micronúcleos em comparação com os demais municípios, enquanto Laguna Caarapã teve a menor frequência. Isso se deve, em partes, ao fato de que Ponta Porã faz fronteira com Pedro Juan Caballero (Paraguai) e recebe uma grande quantidade de veículos automotores provenientes de diferentes regiões do país, ampliando a exposição a essas substâncias na cidade.

Além disso, o padrão climático de Ponta Porã contribui para a concentração de poluentes nas áreas urbanas, gerando o fenômeno conhecido como *smog*. Isso pode ter contribuído para as maiores frequências de micronúcleos registradas em Ponta Porã. Esse fenômeno também foi observado em Antônio João, porém, devido ao baixo tráfego de veículos nesse município, a frequência de micronúcleos não foi significativamente elevada (Rocha *et al.*, 2018). Os pesquisadores também notaram que a frequência de micronúcleos diminuiu à medida que a

umidade aumentou, evidenciando a interligação da resposta biológica da planta com as condições climáticas. Essa relação também foi observada em estudos anteriores por Crispim *et al.* (2012) e Spósito *et al.* (2017).

Em 2017 e 2018, a microrregião de Bodoquena foi alvo de biomonitoramento da qualidade do ar com *Tradescantia pallida* (Salgueiro *et al.*, 2021). Os resultados revelaram que Jardim, Bonito, Caracol e Guia Lopes da Laguna exibiram uma frequência mais alta de micronúcleos, enquanto Bodoquena, Nioaque e Porto Murtinho mostraram a menor frequência. Intrigantemente, apesar de ter uma das maiores frequências de micronúcleos, o município de Caracol apresentou o menor tráfego de veículos. Os pesquisadores notaram que Nioaque e Porto Murtinho apresentaram estruturas foliares menores, com diferenças notáveis na hipoderme durante o verão, em comparação com os demais municípios. Além disso, Nioaque exibiu uma redução na espessura do mesofilo (Salgueiro *et al.*, 2021).

O último estudo de biomonitoramento no estado, realizado em 2021, abrangeu três municípios do Vale do Ivinhema, sendo eles: Angélica, Ivinhema e Nova Andradina (Soares *et al.*, 2023). Os pesquisadores observaram que, entre junho e setembro, Ivinhema e Nova Andradina registraram uma frequência de micronúcleos de três a nove vezes maior em comparação com os outros meses. Em contraste, Angélica apresentou os menores valores de frequência de micronúcleos ao longo do ano, juntamente com o menor fluxo de veículos.

Além disso, a análise comparativa entre o fluxo veicular, a frequência de micronúcleos e o índice estomático revelou que os micronúcleos funcionam como um biomarcador mais sensível na indicação dos efeitos prejudiciais da poluição atmosférica. De acordo com os pesquisadores, o índice estomático exige uma investigação mais aprofundada, uma vez que as variações climáticas tiveram um efeito adaptativo em *T. pallida*, mascarando os possíveis impactos dos poluentes atmosféricos (Soares *et al.*, 2023).

4 CONCLUSÃO

Os estudos de biomonitoramento com *Tradescantia pallida* no estado do Mato Grosso do Sul revelaram importantes variações na frequência de micronúcleos em diferentes municípios, destacando a influência do tráfego veicular, clima e fatores geográficos nesses resultados. Foram abrangidos um total de 31 municípios em diferentes regiões do estado, demonstrando a relevância da pesquisa na avaliação da qualidade do ar e seus potenciais impactos na saúde ambiental. Pesquisas futuras podem explorar ainda mais essas relações, bem como investigar os efeitos específicos da poluição do ar sobre a saúde humana e o ecossistema, contribuindo para o desenvolvimento de estratégias de mitigação e políticas de controle ambiental mais eficazes.

Agradecimentos e financiamento

Agradecemos ao Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), a Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT) e ao Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq) pelo apoio financeiro concedido.

REFERÊNCIAS

AZUAGA, D. **Danos ambientais causados por veículos leves no Brasil**. 2000. 193 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

BARBOSA, D. R.; LENARDON, L.; PARTATA, A. K. Kava-Kava (*Piper methysticum*): uma revisão geral. **Revista Científica do ITPAC**, v. 6, n. 3, p. 1–19, 2013.

BROBOV, R. A. The leaf structure of *Poa annua* with observations on its smog sensitivity in Los Angeles County. **American Journal of Botany**., v. 42, n. 5, p. 467– 474, 1955.

CARVALHO, H. A. A *Tradescantia* como bioindicador vegetal na monitoração dos efeitos clastogênicos das radiações ionizantes. **Radiologia Brasileira**, v. 38, n. 6, p. 459-462, 2005.

CONFALONIERI, U. E. C.; CHAME, M.; NAJAR, A.; CHAVES, S. A. de M.; KRUG, T.; NOBRE, C.; MIGUEZ, J. D. G.; CORTESÃO, J.; HACON, S. Mudanças globais e desenvolvimento: importância para a saúde. **Informe Epidemiológico do SUS**, v. 11, n. 3, p. 139-154, 2002.

CRISPIM, B. do A.; SPÓSITO, J. C. V.; MUSSURY, R. M.; SENO, L. O.; GRISOLIA, A. B. Effects of atmospheric pollutants on somatic and germ cells of *Tradescantia pallida* (Rose) D.R. Hunt cv. *purpurea*. **Annals of the Brazilian Academy of Sciences**, v. 86, n. 4, p. 1899-1906, 2014.

CRISPIM, B. do A.; VAINI, J. O.; GRISOLIA, A. B.; TEIXEIRA, T. Z.; MUSSURY, R. M.; SENO, L. O. Biomonitoring the genotoxic effects of pollutants on *Tradescantia pallida* (Rose) D.R. Hunt in Dourados, Brazil. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 19, p. 718-729, 2012.

DRUMM, F. C.; GERHARDT, A. E.; FERNANDES, G. D'A.; CHAGAS, P.; SUCOLOTTI, M. S.; KEMERICH, P. D. da C. Poluição atmosférica proveniente da queima de combustíveis derivados do petróleo em veículos automotores. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 66-78, 2014.

FERIOLI, E. D. V.; RODRIGUES, G. A. Os impactos da poluição atmosférica proveniente da precária infraestrutura logística brasileira. **Revista Interface Tecnológica**, v. 15, n. 1, p. 272-284, 2018

GODOI, K. de S. P.; SPÓSITO, J. C. V.; ROCHA, A. do N.; CANDIDO, L. S.; SILVA, C. A. M.; LEMKE, A. P.; DA SILVA, S. V.; SCALON, S. P. Q.; DE CARVALHO, E. M.; MUSSURY, R.

M. Mutagenicity in *Tradescantia pallida* as an Indicator of the effect of air pollution and human health. **Atmosphere**, n. 12, v. 1185, p. 1 - 12, 2021.

GUIMARÃES, E. T.; MACCHIONE, M.; LOBO, D. J. A.; DOMINGOS, M.; SALDIVA, P. H. N. Evaluation of the mutagenic potential of urban air pollution in São Paulo, Southeastern Brazil, using the *Tradescantia* stamen–hair assay. **Environmental Toxicology**, v. 19, n. 6, p. 578–584, 2004.

LARCHER, Walter. Ecofisiologia vegetal. **RiMa**, São Carlos, 2000.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M. de. Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras. **Instituto Plantarum**, Nova Odessa, 2001.

MARTINS, L. C.; LATORRE, M. do R. D. de O.; CARDOSO, M. R. A.; GONÇALVES, F. L. T.; SALDIVA, P. H. N.; BRAGA, A. L. F. Poluição atmosférica e atendimentos por pneumonia e gripe em São Paulo, Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 36, n. 1, p. 88-94, 2002.

PRAJAPATI, S. K.; TRIPATHI, B. D. Assessing the genotoxicity of urban air pollutants in Varanasi city using *Tradescantia* micronucleus (Trad-MCN) bioassay. **Environment International**, v. 34, n. 8, p. 1092–1096, 2008.

ROCHA, A. N.; CANDIDO, L. S.; PEREIRA, J. G.; SILVA, C. A. M.; SILVA, S. V.; MUSSURY, R. M. Evaluation of vehicular pollution using the TRAD-MCN mutagenic bioassay with *Tradescantia pallida* (Commelinaceae). **Environmental Pollution**, v. 240, p. 440-447, 2018.

SALGUEIRO, S. A. M.; ROCHA, A. N.; MAUAD, J. R. C.; SILVA, C. A. M.; MUSSURY, R. M. Biomonitoring of air quality in the Bodoquena microregion, Mato Grosso Do Sul: mutagenic and morphoanatomical alterations in *Tradescantia pallida* (Rose) D.R. Hunt var. *purpurea*. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, e250100, p. 1-12, 2021.

SECRETÁRIA NACIONAL DO TRÂNSITO. **Frota Veicular: Brasil 2022**. Disponível online: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/22/28120> (acessado em 20 de setembro de 2023).

SOARES, T. D. B.; ROCHA, A. do N.; CARVALHO, E. M. de; MAUAD, J. R. C.; SOUZA, S. A. de; SILVA, C. A. M.; MUSSURY, R. M. Evaluation the urban atmospheric conditions using micronuclei assay and stomatal index in *Tradescantia pallida*. **Atmosphere**, v. 14, n. 984, p. 1-15, 2023.

SOUZA, K. R. de; MIRANDA, S. H. G. de. Análise da idade média da frota de veículos automotores rodoviários nos municípios paulistas e sua relação com as emissões de gases poluentes no período de 2006 a 2015. **Brazilian Journal of Development**, v. 4, n. 7, p. 4331-4350, 2018.

SPÓSITO, J. C. V.; CRISPIM, B. do A.; MUSSURY, R. M.; GRISOLIA, A. B. Genetic instability in plants associated with vehicular traffic and climatic variables. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 120, p. 445-448, 2015.

SPÓSITO, J. C. V.; CRISPIM, B. do A.; ROMÃN, A. I.; MUSSURY, R. M.; PEREIRA, J. G.; SENO, L. O.; GRISOLIA, A. B. Evaluation the urban atmospheric conditions in different cities using comet and micronuclei assay in *Tradescantia pallida*. **Chemosphere**, v. 175, p. 108-113, 2017.

ROMÂN, A. I.; CANDIDO, L. S.; MOURA, L. de O.; CARVALHO, E. M. de; MUSSURY, R. M. **Qualidade do ar de doze municípios de Mato Grosso do Sul com base nos aspectos genotóxicos de *Tradescantia pallida* (Rose) D.R. Hunt var. *purpurea*.** *In:* Anais do 10º Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, 2016.

WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION. Global Innovation Index 2022: **What is the future of innovation-driven growth?** WIPO: Geneva, Switzerland, 2022. Disponível online: <https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo-pub-2000-2022-en-main-report-global-innovation-index-2022-15th-edition.pdf>. Acesso em: 20 set. 2023.

CAPÍTULO 6

MERCADO DE CRÉDITO DE CARBONO E TANGÊNCIAS COM AS CIÊNCIAS AMBIENTAIS

CARBON CREDIT MARKET AND TANGENTS WITH ENVIRONMENTAL SCIENCES

Caíque Rodrigues de Carvalho Sousa   

Doutorando e Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal do Piauí, Piauí - PI, Brasil

Aianna Rios Magalhães Veras e Silva   

Doutoranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal do Piauí. Mestra em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Piauí - PI, Brasil

José Machado Moita Neto   

Doutor em Química pela Universidade Estadual de Campinas. Professor voluntário do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Piauí, Piauí – PI, Brasil

DOI: 10.52832/wed.67.415 



RESUMO

A classificação jurídica dos créditos de carbono permanece indefinida na doutrina, embora a maioria dos estudiosos concorde que as Reduções Certificadas de Emissão (RCE) são consideradas como pertencentes à categoria de ativo intangível puro, ou seja, sem natureza econômica e seu valor vinculados a qualquer outro ativo constituído como objeto de compra e venda. Neste trabalho, associações com ciências ambientais foram delimitadas para Direito Ambiental e educação ambiental (EA). Desta maneira, objetivou-se destacar o papel do Direito Ambiental na temática de crédito do carbono e a utilização da educação ambiental na transformação de realidade sobre emissões de gases do efeito estufa (GEE). Para tal, realizou-se análise crítica de artigo sobre avaliação de emissões corporativas canadenses, na qual, tangência com o Direito Ambiental foi estabelecida e associações da EA como intervenção para a realidade foram realizadas. O artigo analisado afirma que empresas canadenses enfrentam difícil tarefa de decidir o que e quanto divulgar aos investidores sobre suas emissões de GEE. A principal tangência com o Direito Ambiental está relacionada com as RCE. Ações de EA possibilitarão conscientizar os empreendedores canadenses à busca de alternativas renováveis e circulares para a produção energética. Portanto, o uso da EA pode agregar valor à avaliação de GEE das empresas canadenses, que já é considerada bom exemplo.

Palavras-chave: Gases do efeito estufa. Gestão ambiental. Mudanças climáticas. Reduções certificadas de emissão. Sensibilização ambiental.

ABSTRACT

The legal classification of carbon credits remains undefined in doctrine, although most scholars agree that Certified Emission Reductions (CERs) are considered to belong to the category of pure intangible assets, in other words, they have no economic nature and their value is linked to any other asset constituted as an object of acquisition and sale. In this work, associations with environmental sciences were delimited to Environmental Law and environmental education (EE). The aim was to highlight the role of environmental law in the area of carbon credits and the use of environmental education in transforming the reality of greenhouse gases (GHG) emissions. To this end, a critical analysis of an article on the evaluation of Canadian corporate emissions was carried out, in which a tangent with Environmental Law was established and associations with environmental education as an intervention in reality were made. The article analyzed affirms that Canadian companies face the difficult challenge of deciding what and how much to divulge to investors about their GHG emissions. The main tangent with Environmental Law is related to CERs. EE actions will make it possible to conscientize Canadian entrepreneurs to look for renewable and circular alternatives for energy production. Therefore, the use of environmental education can increase the value of the GHG assessment of Canadian companies, which is considered a good example.

Keywords: Greenhouse gases. Environmental management. Climate changes. Certified emission reductions. Environmental sensitization.

1 INTRODUÇÃO

A natureza jurídica dos créditos de carbono ainda não possui um senso na doutrina, mas a maioria dos doutrinadores entendem que as Reduções Certificadas de Emissão (RCE) se

enquadram na categoria de bem intangível puro, já outros, atribuem-nas à categoria de commodity ambiental, de mercadoria, serviço, valor mobiliário e ainda derivativo.

Quando se considera créditos de carbono como bens intangíveis puros, baseiam-se na ideia de que sua natureza econômica e seu valor não derivam de qualquer outro ativo ao qual estejam vinculados, não sendo assim objeto de compra e venda, uma vez que esse negócio só pode ser realizado com bens tangíveis, conforme artigo 481 da Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002 (Brasil, 2002). Nesse sentido, os créditos de carbono fugiriam ao seu real objetivo, promovendo o comércio do “direito de poluir” aos países desenvolvidos, ou seja, o direito de pagar pela compra dos créditos e continuarem a poluir.

Assim, o mercado dos créditos é interessante, principalmente, para indústrias altamente poluentes, uma vez que, as compensações servem como uma opção mais atrativa economicamente do que a redução do uso de combustíveis fósseis. Pesquisas recentes evidenciaram que os créditos de carbono não compensaram a quantidade de poluição prevista ou apresentaram ganhos insignificantes, devido a rapidez de reversão e a falta de comprovação e medição dos ganhos.

Por outro lado, há os que defendem a viabilidade desse mercado, como é o caso do Canadá (Griffin; Lont; Pomare, 2021), já que o sistema de crédito de carbono dá aos países menos poluidores o incentivo para que continuem o processo de valorizar o meio ambiente e, em troca, melhorar sua economia. Além disso, esse sistema é altamente rentável aos países que o aderem, considerando-se ainda que o “direito de poluir” empregado pelo mercado de carbono seria um direito limitado, uma vez que o Protocolo de Quioto atribui a cada país uma cota máxima de créditos de carbono que pode comprar e estipula sanções aos infratores das metas de redução de emissão.

Deste modo, cada país possui suas próprias sanções internas aos que não contribuem com o cumprimento da meta de redução de gases do efeito estufa.

Para Marinho (2009) os créditos de carbono se mostram como incentivo ao alcance da estabilização das emissões de gases do efeito estufa (GEE) em níveis que não comprometam o sistema climático, objetivo da Convenção do Clima, sendo ela uma fonte do Direito Internacional, logo os créditos de carbono seriam um incentivo no âmbito do Direito Internacional Ambiental.

Desta maneira, ao considerar a natureza jurídica dos créditos de carbono e os riscos ambientais do direito fragilizado para o desenvolvimento sustentável, bem como, o fato de CO₂ ser um dos GEE, objetivou-se destacar o papel do Direito Ambiental na temática de crédito do carbono e a utilização da educação ambiental na transformação de realidade sobre emissões de GEE.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada análise crítica da literatura referente ao artigo “The curious case of Canadian corporate emissions valuation” (Griffin; Lont; Pomare, 2021), de modo a verificar a significância das empresas canadenses quanto às emissões de GEE. No referido artigo, foram analisados aspectos gerais como divulgação de relatórios sobre emissões de GEE, responsabilidade ambiental e tomada de decisões pelos investidores, discutidas as hipóteses testadas sobre nível e padrão de sensibilidades de avaliação de GEE e, posteriormente, estabelecida tangência com o Direito Ambiental. Ainda sobre o contexto canadense, também foram feitas associações da educação ambiental como intervenção para a realidade de emissões de GEE.

Para a coleta de dados, foram considerados artigos científicos, documentos legislativos e livros, pesquisados no Portal Periódicos Capes e Google Scholar, sem considerar delimitação temporal.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Aspectos gerais sobre o artigo “The curious case of Canadian corporate emissions valuation” (Griffin; Lont; Pomare, 2021) e tangência com o Direito Ambiental

O artigo inicia afirmando que as empresas de hoje enfrentam a difícil tarefa de decidir o que e quanto divulgar aos investidores sobre suas emissões de GEE. Algumas empresas divulgam voluntariamente suas emissões em relatórios oficiais, potencialmente para atenuar as preocupações sobre a responsabilidade ambiental, reduzir os custos do mercado de capitais e melhorar a tomada de decisão do investidor, enquanto outras empresas optam por não divulgar, citando preocupações regulatórias e o custo da desvantagem competitiva. Os investidores, entretanto, não precisam ser privados de informações e podem acessar os dados de outras formas, como por meio do conjunto de dados públicos ou programa nacional de relatórios e estimativas de emissões de GEE.

Embora alguns autores tenham levantado dúvidas sobre a relevância e a qualidade das divulgações de emissões de GEE para os investidores, vários estudos descobriram que os investidores agem como se os valores patrimoniais variassem negativamente com as emissões de GEE. Eles conceituam que o nível de emissões destes gases afeta o valor da empresa negativamente porque o nível atual dessas emissões em uma empresa sinaliza combinações com regulamentações, riscos climáticos, custos de conformidade e custos de medição e monitoramento futuros incertos. Porém, não esclarecem se a sensibilidade do valor da empresa às emissões de GEE é menos negativa para divulgadores voluntários.

O artigo afirma que as sensibilidades de valoração negativa de GEE nas empresas do Canadá são diferentes, logo, objetiva testar hipóteses sobre o nível e o padrão de sensibilidades de

avaliação de GEE no cenário canadense, ao trazer quatro hipóteses, a citar: 1. Sensibilidades de GEE negativas das empresas canadenses em comparação com empresas australianas, da União Europeia e dos EUA; 2. As sensibilidades de avaliação de GEE das empresas canadenses não diferem porque o nível de intensidade é o mesmo, mas as alternativas de emissões são diferentes; 3. O padrão de sensibilidades de avaliação de GEE das empresas canadenses não mudou ao longo do tempo; e, 4. As sensibilidades de avaliação de GEE das empresas canadenses não diferem com bases na localização geográfica das emissões em comparação com as alternativas de emissões que diferem conforme a geolocalização.

Para isso, foram coletados dados sobre as empresas quanto às emissões do Programa de Divulgação do Carbono (2006-2018) e o Programa de Relatórios de Gases de Efeito Estufa canadense (2014-2017). Também houve a inclusão de empresas não divulgadoras, em que as emissões foram estimadas conforme modelo de estimativa de emissões. Foi usado o modelo de avaliação de renda residual para estimar o valor da empresa (patrimônio líquido, receita residual e sensibilidade da avaliação de GEE) e modelo de renda residual para testar hipóteses sobre variações (temporal, transversal e espacial) das sensibilidades de avaliação de GEE e fonte dos dados de emissões.

Nos resultados, os autores trazem que o patrimônio comum por ação (exceto para utilitários) e o lucro residual por ação (exceto para industriais) são significativamente positivos em nível setorial. Conseqüentemente, a variável de emissões de GEE tem poder explicativo significativo para as observações feitas, mas a avaliação de GEE varia por setor.

Nesse sentido, é exemplificado que o rendimento total por ação para o setor de energia potencialmente reflete maior intensidade de carbono. Enquanto, o rendimento total por ação para os setores de finanças e tecnologia da informação tem baixa intensidade de carbono. Os demais setores observados têm rendimento total por ação insignificante devido ao pequeno tamanho amostral.

Desse modo, a regressão canadense nas emissões de GEE também controla os efeitos fixos do ano, haja vista, o alto índice de emissão intensiva por setor (energia) refletir coeficientes mais positivos do que os de baixo índice (finanças e tecnologia da informação). Por conseqüência, a primeira hipótese é rejeitada, já que as sensibilidades de GEE das empresas canadenses são positivas.

Quanto ao controle de divulgação do Patrimônio do Carbono e interação com as emissões de GEE, os valores podem refletir os atributos empresariais e a omissão dessas informações pode produzir estimativa não confiável para o rendimento total por ação. Por isso, as empresas

divulgadoras, como as do setor energético, têm coeficientes de avaliação de GEE mais altos do que as de não divulgação, geralmente finanças e telecomunicações.

A justificativa para um maior rendimento total por ação ser significativo para as empresas de alta intensidade se deve ao maior interesse da divulgação dessas informações para apoiadores (programas governamentais e empresários). Além do mais, os coeficientes de intensidade e de divulgação são positivos e significativos porque as empresas de alta intensidade controlam os possíveis efeitos da divulgação do Patrimônio do Carbono e por serem as mais propensas a se envolverem na mitigação de emissões, devido às iniciativas ambientais governamentais e privadas e os menores custos regulatórios e de conformidade. Ou seja, os investidores estariam mais interessados nas informações sobre as emissões, haja vista, a pegada de carbono ser mais elevada.

Dessa maneira, a segunda hipótese também é rejeitada, visto que os coeficientes de sensibilidades de avaliação de GEE diferem com bases nas fontes de emissões.

Ao abordar sobre as análises de tendências de avaliações de GEE, apesar de não serem determinantes e apontarem para associações plausíveis, no período de 1987-2018 considerado, os coeficientes de avaliação de GEE verificados apresentaram rendimento total por ação em detrimento do tempo como positivo. Desse modo, a terceira hipótese também foi rejeitada, por considerar que a avaliação de GEE não mudava ao longo do tempo.

Por fim, quanto à latitude das atividades das empresas canadenses, verificou-se que o rendimento total por ação era significativamente positivo quando associado às empresas das altas latitudes ($>50^\circ$). Entretanto, conforme os Patrimônios de Divulgação do Carbono e de Relatórios de GEE, essas empresas sempre tendiam a maiores intensidades de emissões, porque se encontravam em geolocalização privilegiada e poderiam se beneficiar no futuro com o aquecimento global, por causa dos menores custos para a produção de energia.

Desta maneira, não houve diferença significativa entre rendimento total por ação, divulgação e latitude, conseqüentemente, com evidências fracas para apoiar a quarta hipótese.

Como conclusão, o Canadá desempenha importante papel na economia mundial e o valor de suas empresas é significativamente mais positivo, principalmente se corresponderem às de alta intensidade de emissões de GEE. Apesar da paisagem canadense nem sempre ser representativa de outros ambientes, a adoção de gestão de avaliação de GEE e protocolos de emissões precoces e as preocupações ambientais atraírem gastos constantes e substanciais subsidiados por governos e empresas são vistas como favoráveis para o valor de ações das empresas em comparação com outros países.

A principal tangência com o Direito Ambiental está relacionada com as RCE, emitidas pelas agências de proteção ambiental reguladoras, também conhecidas como o Mercado de Carbono,

estabelecidas pelo Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) sobre as regras do Protocolo de Quioto. Esse mercado corresponde a um sistema de negociação de unidades de redução de emissões de GEE, sendo que, quando ocorre a redução destes gases, são emitidos créditos de carbono, que poderão ser negociados no mercado internacional. Por meio dessa negociação, a redução de GEE passa a ter um valor monetário para conter a poluição, podendo ser comercializado através da Bolsa de Valores e Mercadorias. Alguns meios viáveis para se conseguir essa diminuição são: reflorestamento; redução das emissões provenientes da queima de combustíveis fósseis; e, substituição de combustíveis fósseis por energia limpa e renovável, como eólica, solar, biomassa.

3.2 Educação Ambiental: educação, direito e desenvolvimento sustentável na transformação da realidade de emissões de GEE no contexto canadense

A educação ambiental (EA) busca formar cidadãos ativos na defesa do meio ambiente e o adjetivo ambiental corresponde à inserção da crise ambiental na prática educativa. Nesse sentido, a EA corresponde a um elemento de transformação social, no intento de fortalecer os sujeitos no exercício da cidadania e à responsabilidade pelo mundo em que se habita (Saldanha, 2016).

Nesse sentido, para a mudança na realidade de emissões de GEE no contexto canadense, projetos devem ser promovidos pelo governo às empresas e aos investidores para que se conscientizem de que o circuito alta intensidade de emissões e mais investimentos beneficia apenas o setor econômico de ambas as partes, mas a avaliação de GEE continuará alta. O valor da empresa estará atrelado à alta intensidade de emissões de GEE. Ou seja, uma matriz energética de setores que sempre necessitarão de contornos para a crise climática, para que suas atividades sejam asseguradas.

Entretanto, ações de EA possibilitarão conscientizar os empreendedores à busca de alternativas renováveis e circulares para a produção energética. Para isso, os apoiadores podem lançar editais com projetos inovadores que objetivem a geração de energia por meio de alternativas renováveis. Desse modo, possibilitará uma competição justa com os setores empresariais de baixa intensidade de emissões de GEE, haja vista, os setores das finanças e telecomunicações terem poucos apoiadores. Além disso, servirá como motivação para essas empresas também competirem por recursos de projetos governamentais e de apoiadores privados, já que a baixa intensidade de emissão de GEE não é atrativa.

No processo educacional, a inserção de noções de Ecopedagogia (Halal, 2009) possibilita contribuições que oportunizam debates sobre questões ambientais, por meio da Sociologia, e

demonstração da teia de relacionamentos construída nas conexões cotidianas e interpretada por investigações científicas.

Dessa maneira, as empresas de baixa intensidade de emissões de GEE continuariam a produzir menos gases, mas desta vez, porque estavam conscientes dos benefícios da baixa produção para mitigar a crise climática e não porque não atrairiam o olhar de potenciais apoiadores.

Ao considerar o adjetivo sustentável como sinônimo de maior prazo, desenvolvimento de competências internas, gestão social dos funcionários e preocupações ecossistêmicas (Sartori; Latrônico; Campos, 2014), a concepção de desenvolvimento sustentável superaria a racionalidade já instaurada no contexto canadense, que era a de que as empresas do setor de energia eram as preferidas dos apoiadores. Nesse sentido, “impugnações” já definidas seriam desmistificadas por meio do direito fiscalizatório e punitivo. Ou seja, caso os editais públicos não considerassem uma competição justa entre as empresas de alta e baixa sensibilidades na emissão de GEE, os apoiadores seriam penalizados.

4 CONCLUSÃO

Diante do exposto, o contexto canadense é considerado um exemplo na avaliação de GEE, especificamente na divulgação de Patrimônio do Carbono que permite valorar as empresas conforme sensibilidades à emissão desses gases, por meio da disponibilização voluntária de dados que, conseqüentemente, atraem investidores devido à recompensa de alto crédito de carbono, de acordo com produção, despesas e patrimônio.

Entretanto, o Protocolo de Quioto e os créditos de carbono podem alterar a indústria poluente e o mercado de forma positiva, e de fato diminuir os impactos ambientais. Uma maneira de agregar valor às empresas, tornando-as sustentáveis e com responsabilidade socioambiental, é fazer uso da EA por meio de ações que demonstrem os benefícios de uma intervenção antrópica mais racional e com ciência dos seus benefícios para as diferentes dimensões que compõem a sociedade.

Agradecimentos e financiamento

À CAPES, ao CNPQ e à FAPEPI.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002. Institui o Código Civil. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, p. 1, 11 jan. 2002.

GRIFFIN, P. A.; LONT, D. H.; POMARE, C. The curious case of Canadian corporate emissions valuation. **The British Accounting Review**, v. 53, p. 1-21, 2021.

HALAL, C. Y. Ecopedagogia: uma nova educação. **Revista de Educação**, v. 12, n. 14, p. 87-103, 2009.

MARINHO, Y. R. Créditos de carbono: incentivo do Direito Internacional Ambiental. **Revista Jus Navigandi**, Teresina, n. 2215, 2009.

SALDANHA, Caroline Belei. **Educação ambiental**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2016.

SARTORI, S.; LATRÔNICO, F.; CAMPOS, L. M. S. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: uma taxonomia no campo da literatura. **Ambiente & Sociedade**, v. 17, n. 1, p. 1-22, 2014.

CAPÍTULO 7

DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES COM DIFERENTES ROTAS FOTOSSINTÉTICAS EM FUNÇÃO DE FOCOS DE CALOR NO ESTADO DO PIAUÍ

DISTRIBUTION OF SPECIES WITH DIFFERENT PHOTOSYNTHETIC ROUTES
ACCORDING TO HOT SPOTS IN THE PIAUÍ STATE

Ianá Jeanne Batista de Sousa   

Universidade Federal do Piauí, Piauí - PI, Brasil

João Batista Paulo Alves   

Universidade Federal do Piauí, Piauí - PI, Brasil

Marlete Moreira Mendes Ivanov   

Universidade Federal do Piauí, Piauí - PI, Brasil

DOI: 10.52832/wed.67.416 



RESUMO

As plantas evoluíram e diferenciaram-se de forma a adquirir diversas morfofisiologias adaptadas a variados ambientes, entre elas, as diferentes rotas fotossintéticas (C3, C4 e CAM). As plantas C4 estão melhores adaptadas a climas áridos, quentes e salinos, e suas variações provavelmente surgiram de modo a tolerar regimes de fogo. Este estudo buscou investigar a relação entre a distribuição de seis espécies herbáceas e os focos de calor no estado do Piauí de 2020 a 2023, com intuito de identificar a tendência de ocupação e distribuição de plantas C4 nas regiões mais suscetíveis a queimadas. Para tanto, foi feito o mapeamento da ocorrência das espécies no estado com base nos dados de localização geográfica adquiridos da plataforma *SpeciesLink*. Para os mapas de densidade de focos de calor foram baixados os registros para os anos 2020 a 2023 no BDQueimadas. As áreas com maior densidade de focos de calor encontram-se predominantemente nos cerrados do sul do estado, porém as C4 não apresentaram ampla ocorrência nas regiões mais afetadas pelo fogo. É possível que a indisponibilidade de dados de levantamentos florísticos com coordenadas geográficas na plataforma utilizada tenha deixado uma lacuna que afetou o real entendimento sobre a distribuição das espécies.

Palavras-chave: Biodiversidade, Espécies Herbáceas, Geoprocessamento, Regimes de Fogo.

ABSTRACT

Plants evolved and differentiated in order to acquire diverse morphophysiology adapted to various environments, including different photosynthetic routes (C3, C4 and CAM). C4 plants are better adapted to arid, hot, and saline climates, and their variations probably arose in order to tolerate fire regimes. This study sought to investigate the relationship between the distribution of six herbaceous species and fire spots in the state of Piauí from 2020 to 2023, with the aim of identifying the trend of occupation and distribution of C4 plants in the regions most susceptible to fires. To this end, the occurrence of species in the state was mapped based on geographic location data acquired from the *SpeciesLink* platform. For the fire spots density maps, records for the years 2020 to 2023 were downloaded from BDQueimadas. The areas with the highest density of fire spots are predominantly found in the savannahs in the south of the state, but C4 did not appear widely in the regions most affected by fire. It is possible that the unavailability of floristic survey data with geographic coordinates on the platform used has left a gap that affected the real understanding of the species distribution.

Keywords: Biodiversity, Fire Regimes, Geoprocessing, Herbaceous Species.

1 INTRODUÇÃO

Ao longo de seu desenvolvimento, as plantas diferiram suas rotas fotossintéticas como estratégia adaptativa, de forma que podemos reconhecer plantas do tipo C3, C4 e CAM. Uma diferença básica entre C3 e C4 é a estrutura química do primeiro composto estável produzido ao fotossintetizar: uma molécula com três ou quatro carbonos, respectivamente, bem como a ocorrência de fotorrespiração em plantas C3 (Wang *et al.* 2023). As plantas C4 são mais abundantes entre as herbáceas e estão fisiologicamente melhor adaptadas a ambientes áridos, sob aquecimento e salinos (Lundgren *et al.* 2024), de forma que é esperado uma maior proporção dessas espécies em ambientes com tais características.

Estudos recentes acerca da expansão de plantas C4 no período Mioceno Superior relatam que potenciais desencadeadores do evento incluem aumento da sazonalidade, aridez e alterações nos regimes de fogo devido às mudanças climáticas (Hui *et al.*, 2021). De fato, Yao *et al.* (2011) apontam para o clima como o principal fator responsável pelas variações nas plantas C4.

É bem conhecido que há modificações na vegetação e até mesmo perda de biodiversidade em áreas afetadas por incêndios florestais (Gajendiran *et al.*, 2023) e o fogo, por ser capaz de remover completa ou parcialmente a biomassa vegetal sobre o solo, tem um importante impacto nas comunidades ecológicas. Herbáceas são o grupo funcional mais afetado, haja vista a sua estrutura composta principalmente por órgãos fotossintéticos. Aproximadamente 85% das emissões de carbono provenientes de queimadas ocorrem nos trópicos, onde, além das causas naturais, os fatores mais impactantes são os propósitos humanos como os de expansão agrícola e eliminação de resíduos (Mataveli, 2019). No estado do Piauí, região Nordeste do Brasil, tem sido crescente o desmatamento e as queimadas, em especial nas áreas de Cerrado do sudoeste do estado.

A hipótese formulada pelos autores é a de que há maior ocorrência de herbáceas C4 em regiões com maior incidência de focos de calor no estado, uma vez que estas espécies evoluíram de maneira a tolerar regimes de fogo e altas temperaturas e estariam mais aptas que plantas C3 às áreas mais atingidas por incêndios. Este estudo buscou investigar a relação entre a distribuição de seis espécies herbáceas e os focos de calor no estado do Piauí de 2020 a 2023.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo refere-se ao estado do Piauí, localizado na região Nordeste do Brasil, situado entre 2° 44' 49" e 10° 55' 05" de latitude sul e 40° 22' 12" e 45° 59' 42" de longitude oeste. O Piauí abrange dois Domínios Fitogeográficos (Cerrado e Caatinga) e transições (ecótonos meridionais e setentrionais). Foram selecionadas seis espécies vegetais, sendo três com rota fotossintética C3 (*Alternanthera tenella* Colla - Amaranthaceae; *Euphorbia heterophylla* L. - Euphorbiaceae; *Pavonia varians* Moric. - Malvaceae) e três C4 (*Amaranthus spinosus* L. - Amaranthaceae; *Axonopus marginatus* (Trin.) Chase - Poaceae; *Portulaca pilosa* L. - Portulacaceae). A classificação das plantas como C3 ou C4 foi feita a partir de informações disponibilizadas pela plataforma *Encyclopedia of Life* (www.eol.org).

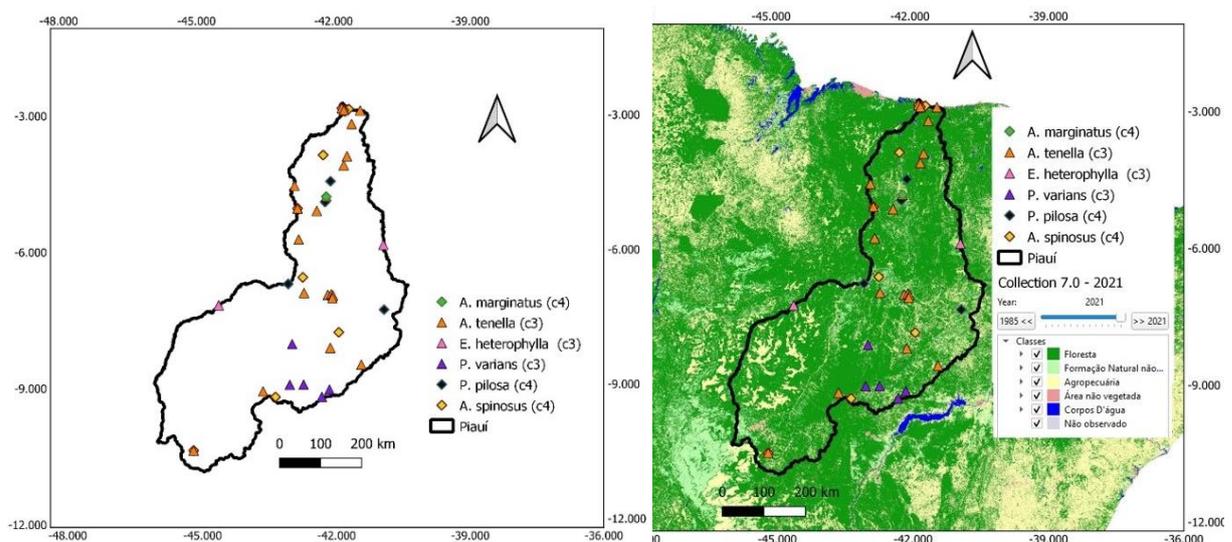
As coordenadas geográficas da ocorrência das espécies foram baixadas da plataforma *SpeciesLink* (www.specieslink.net). Dados semelhantes foram investigados no *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF), mas praticamente não houve diferença nos registros disponíveis, de forma que se optou apenas por usar as informações contidas na primeira plataforma. As coordenadas dos focos de calor para o estado do Piauí foram baixadas da plataforma

BDQueimadas do INPE, para os anos de 2020 a 2023. A densidade de focos de calor foi feita por meio do *plugin* Densidade de Kernel. Todos os mapas foram produzidos em ambiente SIG utilizando o *software* Qgis. O mapa de uso e ocupação do solo foi feito a partir do *plugin* do MapBiomas no Qgis, Collection 7.0, para o ano de 2021. A busca por indivíduos das espécies em análise nos de registro das queimadas foi feita pelo site GBIF.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Cerrado ocupa em maior proporção o território sudoeste do estado do Piauí e nesta região a única espécie C4 observada foi *A. spinosus* (Figura 1, direita). A espécie com maior ocorrência dentre as analisadas foi *Alternanthera tenella* (C3), com 33 registros no estado, seguida por *Amaranthus spinosus* (C4), com 19 registros, ambas ocorrem de norte a sul do estado (Figura 1, esquerda). A espécie de menor ocorrência foi *Axonopus marginatus* (C4), com apenas um registro. *E. heterophylla*, uma C3, foi a única encontrada na região dos cerrados piauienses que estão sofrendo com constantes desmatamentos (Figura 1, direita), porém *E. heterophylla* também foi registrada no centro-norte do estado, na divisa com o Ceará. *Pavonia varians* (C3) ocorreu somente na Caatinga piauiense, na porção sudeste do estado, com cinco registros. *Portulaca pilosa* (C4) está situada entre o centro e o norte do estado, com quatro registros.

Figura 2 - Distribuição de seis espécies com rotas fotossintéticas C3 e C4 apenas nos limites do estado (esquerda) e com base no uso e ocupação do solo (direita), Piauí, Brasil.

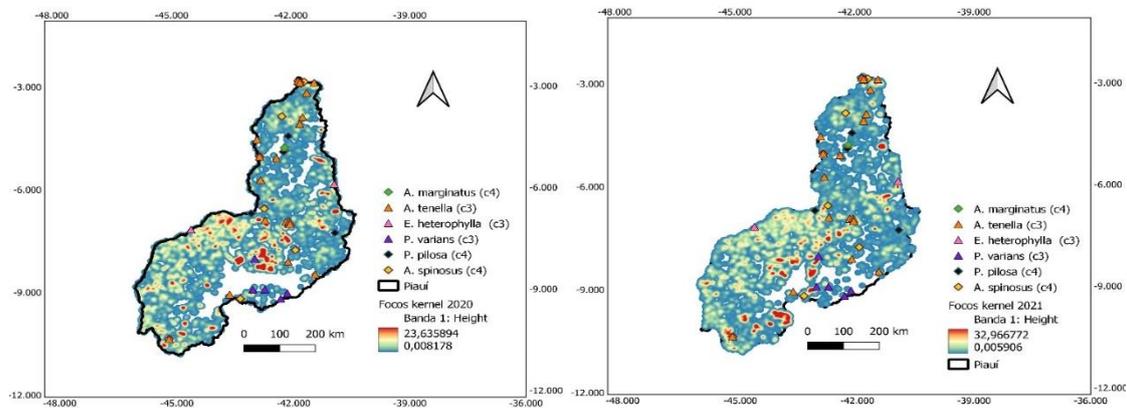


Fonte: Os autores (2023).

Quanto à distribuição dos focos de calor, no ano de 2020 (Figura 2a), marcado pelo começo da pandemia de COVID-19, observa-se a menor densidade de focos de calor, dentro

do período analisado, com máximo de 23,6 focos por área, estando os maiores valores concentrados na porção centro-sul do estado.

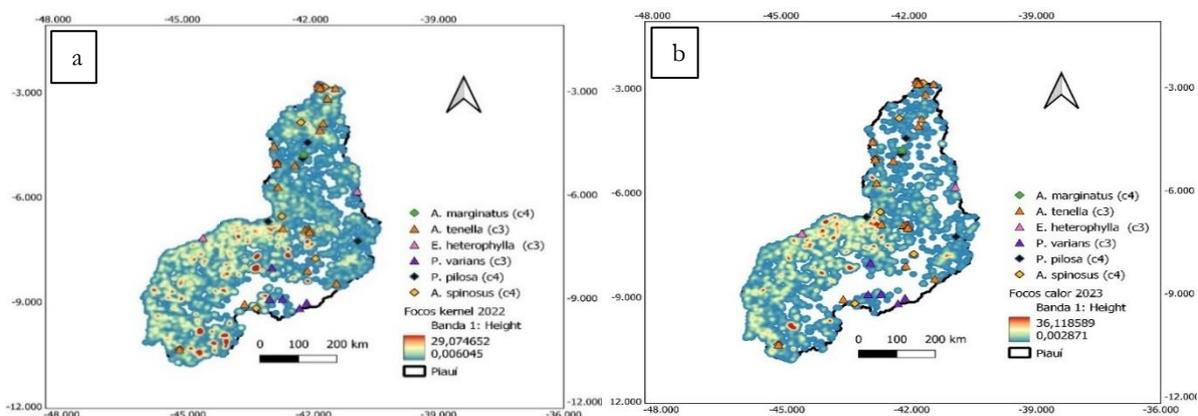
Figura 3 - Distribuição de seis espécies vegetais com diferentes rotas fotossintéticas em função dos focos de calor no estado do Piauí nos anos de (a) 2020 e (b) 2021.



Fonte: Os autores (2023).

Em 2021 ocorreu o aumento da densidade de focos em direção ao sul do estado (Figura 2b), atingindo 32,9 focos por área, e no ano seguinte, 2022, as maiores densidades de focos de calor estavam distribuídas pelo sudoeste do estado, na porção piauiense do MATOPIBA (Figura 3a), com densidade máxima de focos de calor de 29,07. Em 2023 foram registrados os maiores valores de densidade de focos de calor por área, mesmo o presente estudo sendo finalizado ainda em outubro/2023, chegando a 36,11 a média de focos/área, estando concentrados em sua maioria na região sudoeste do estado (Figura 3b).

Figura 4 - Distribuição de seis espécies vegetais com diferentes rotas fotossintéticas em função dos focos de calor no estado do Piauí nos anos de (a) 2022 e (b) 2023.



Fonte: Autores (2023).

É possível notar que nos últimos anos a maior concentração de focos vem atingindo as áreas de Cerrado e os locais com focos mais frequentes condizem com os locais com menos registros das espécies botânicas. Entre janeiro e junho de 2022, por exemplo, a área de Cerrado atingida por incêndios foi 16% maior que o ano anterior, causando uma quebra de sazonalidade no regime natural do fogo (vital para a conservação da diversidade de espécies do bioma) e perturbando o endomorfismo florístico (Mineiro, 2022). Apesar da literatura prever o padrão de expansão de plantas C4 diante de situações de aridez, mudanças no regime de queimadas e aquecimento global (Approbato *et al.* 2023; Wang *et al.* 2023), não foram encontrados indicativos de uma maior ocorrência das espécies C4 nos locais que sofrem mais frequentemente com queimadas.

4 CONCLUSÃO

A hipótese de que as espécies botânicas C4 estariam presentes em áreas com maior densidade de focos de calor não foi comprovada. Grande parte dos registros ocorre, inclusive, em áreas com densidade de focos de calor próxima ou inferior a 1. Todavia, pelo acompanhamento do comportamento de focos de calor entre os anos estudados, é possível que algumas dessas espécies possam ter sofrido com queimadas em algum dos anos analisados, como *E. heterophylla* (2020), *P. varians* (2021) e *A. spinosus* (2021 e 2022). Entre as razões para que a hipótese não tenha sido confirmada pode estar a ausência de registros das coordenadas das espécies oriundas de levantamentos florísticos na região dos cerrados piauienses, o que acarretaria numa subdistribuição das espécies de forma que estas podem estar presentes nos locais de maior incidência de focos de calor, mas suas coordenadas geográficas não foram inseridas na plataforma que disponibiliza os dados. É possível que haja uma razoável quantidade de levantamentos da flora do Piauí disponíveis apenas em publicações, porém os dados necessários à pesquisa precisam estar inseridos no *SpeciesLink* (ou outra) para que seja possível ter uma noção maior da realidade e se nossa hipótese é, de fato, verdadeira ou falsa.

Agradecimentos e financiamento

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBIC (IC) e Iniciação Científica Voluntária - ICV da Universidade Federal do Piauí, Edital 2023/2024.

REFERÊNCIAS

- APPROBATO, A. U.; CONTIN, D. R.; DE OLIVEIRA, E. A. D.; HABERMANN, E.; CELA, J.; PINTÓ-MARIJUAN, M.; ... & MARTINEZ, C. A. Adjustments in photosynthetic pigments, PS II photochemistry and photoprotection in a tropical C4 forage plant exposed to warming and elevated [CO₂]. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 194, p. 345-360, 2023.
- GAJENDIRAN, K.; KANDASAMY, S.; NARAYANAN, M. Influences of wildfire on the forest ecosystem and climate change: A comprehensive study. **Environmental Research**, v. 240, Part 2, 2023.
- HUI, Z. GOWAN, E. J. HOU, Z. ZHOU, X. MA, Y. GUO, Z. ZHANG, J. Intensified fire activity induced by aridification facilitated Late Miocene C4 plant expansion in the northeastern Tibetan Plateau, China. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 573, p. 110437, 2021.
- LUNDBGREN, M. SÁBIO, R. F. SÁBIO, T. L. Plants C4. **Encyclopedia of Biodiversity**. v. 2, p. 719-737, 2024.
- MATAVELI, G.A.V.; SILVA, M.E.S.; FRANÇA, D. A.; BRUNSELL, N.A.; DE OLIVEIRA, G.; CARDOZO, F. S.; BERTANI, G.; PEREIRA, G. Characterization and Trends of Fine Particulate Matter (PM_{2.5}) Fire Emissions in the Brazilian Cerrado during 2002–2017. **Remote Sensing**. 2019, 11, 2254.
- MINEIRO, T. E. **Fogo e Cerrado: Os Efeitos Da Ação Humana No Regime De Queimadas Deste Bioma**. MinasBio Consultoria Ambiental. 2022. Disponível em <<https://www.minasbioconsultoria.com/post/fogo-e-cerrado-os-efeitos-da-a%C3%A7%C3%A3o-humana-no-regime-de-queimadas-deste-bioma>>. Acesso em 16/11/2023.
- WANG, Y. & LIU, S. SHI, H. Comparison of climate change impacts on the growth of C3 and C4 crops in China. **Ecological Informatics**. v. 74, p. 101968, 2023.
- YAO, Z. WU, H. LIANG, M. SHI, X. Spatial and temporal variations in C3 and C4 plant abundance over the Chinese Loess Plateau since the last glacial maximum. **Journal of Arid Environments**. v. 75, n. 10, 2011.

CAPÍTULO 8

EXPLORANDO A ATRAÇÃO DE ABELHAS EM FLORES DE *Tropaeolum majus* L. (BRASSICALES: TROPAEOLACEAE) POR MEIO DA ANÁLISE ESPECTROFOTOMÉTRICA

EXPLORING THE ATTRACTION OF BEES TO FLOWERS OF *Tropaeolum majus*
L. (BRASSICALES: TROPAEOLACEAE) THROUGH SPECTROPHOTOMETRIC
ANALYSIS

Claudemir Antonio Garcia Fioratti   
Universidade Federal do Piauí, Piauí - PI, Brasil

Rosicleia Matias da Silva   
Universidade Federal do Piauí, Piauí - PI, Brasil

Leticia Cavalcante dos Santos   
Universidade Federal do Piauí, Piauí - PI, Brasil

Monique Lopes Bicudo   
Universidade Federal do Piauí, Piauí - PI, Brasil

Rosilda Mara Mussury   
Universidade Federal do Piauí, Piauí - PI, Brasil

DOI: 10.52832/wed.67.417 



RESUMO

A espécie *Tropaeolum majus* L. produz flores com todas as cores, do amarelo ao vermelho. Este trabalho teve como objetivo aplicar a espectroscopia de fluorescência óptica para estudar a abundância de abelhas em *T. majus*, respondendo às seguintes questões: (1) a cor da flor e a fluorescência da corola interfere a abundância de espécies de abelhas visitantes? (2) as flores vermelhas atraem mais abelhas visitantes?. As espécies de abelhas *Apis mellifera*, *Paratrigona lineata* e *Trigona spinipes* foram as mais observadas nas flores de *T. majus*. Esta última foi mais ativa em suas visitas e preferiu flores laranjadas e amarelas. Essas cores também apresentaram emissões de fluorescência mais altas do que as vermelhas e aquelas com guias de néctar amarelo-vermelho e laranja-vermelho. As flores de laranjeira emitiram um espectro UV de banda larga (entre 475 e 800nm). Esse intervalo pode ser devido a compostos como ácido hidroxicinâmico, flavonóis, isoflavonóides, flavonas, ácido fenólico e clorofila. Extratos de diferentes cores da corola de *T. majus* mostraram que as flores emitem sinais fluorescentes específicos, principalmente relacionados à visão e aprendizado das cores das abelhas, atuando assim como meio de comunicação entre as abelhas e as flores.

Palavras-chave: Fluorescência. Espectroscopia. Visão de insetos. Modelo tricromático.

ABSTRACT

The species *Tropaeolum majus* L. produces flowers in all colors, from yellow to red. This work aimed to apply optical fluorescence spectroscopy to study the abundance of bees in *T. majus*, answering the following questions: (1) does the color of the flower and the fluorescence of the corolla affect the abundance of visiting bee species? (2) do red flowers attract more visiting bees? The bee species *Apis mellifera*, *Paratrigona lineata* and *Trigona spinipes* were the most observed in *T. majus* flowers. The latter was more active in its visits and preferred orange and yellow flowers. These colors also had higher fluorescence emissions than reds and those with yellow-red and orange-red nectar guides. Orange flowers emitted a broadband UV spectrum (between 475 and 800nm). This range may be due to compounds such as hydroxycinnamic acid, flavonols, isoflavonoids, flavones, phenolic acid, and chlorophyll. Extracts of different colors from the corolla of *T. majus* showed that the flowers emit specific fluorescent signals, mainly related to bees' vision and color learning, thus acting as a means of communication between bees and flowers.

Keywords: Fluorescence. Spectroscopy. Insect vision. Trichromatic model.

1 INTRODUÇÃO

As flores apresentam um conjunto de atributos que indica seu provável agente polinizador, essa combinação de atributos é denominada síndrome de polinização. As síndromes são baseadas nas características florais tais como formato e coloração da flor, tipo de recurso oferecido e disposição dos elementos reprodutivos (Faegri; Van Der Pijl, 1979). Ou seja, os atributos florais que atraem as abelhas até a flor são diferentes dos atributos que atraem outros visitantes florais.

Dentre os atributos, a coloração da corola é considerada a mais importante, pois permite o reconhecimento da flor pelos agentes polinizadores à distância, devido que os estes apresentam um sistema visual para identificação de padrões de coloração, diferente dos seres humanos, por

exemplo, a maioria dos insetos não consegue distinguir a cor vermelha (Spaethe *et al.*, 2001; Robinson, 2007), enquanto outros insetos são capazes de perceber a radiação ultravioleta emitido pelas flores e seus guias de néctar. Os estudos envolvendo abelhas demonstraram que elas apresentam uma faixa de sensibilidade ao ultravioleta (340 nm), azul (430 nm) e verde (540 nm) (Rodríguez-Gironés; Santamaría, 2004).

Ainda que os insetos tenham uma preferência por algumas cores, eles são frequentemente vistos forrageando em diversas espécies de plantas com diferentes características florais. Esse fato ocorre devido a sua capacidade visual de identificar cores que vão desde a faixa do ultravioleta (320 nm) até próximo ao vermelho (600-650 nm) (Srinivasan, 2010; Brito *et al.*, 2014; Ibarra *et al.*, 2014).

Considera-se que todos os insetos polinizadores são sensíveis à faixa do ultravioleta, pois as flores de diversas famílias botânicas refletem nessa faixa do espectro, permitindo que os insetos capazes de perceber esses comprimentos de onda possam explorar os recursos fornecidos (Guldberg; Atsatt, 1975).

Em relação aos pigmentos encontrados nas plantas como a clorofila e carotenoides, estes evoluíram para absorver apenas certos comprimentos de onda (cores) da luz visível. Os pigmentos refletem ou florescem comprimentos de onda que não podem absorver, fazendo com que apareçam na cor correspondente. Cada tipo de pigmento pode ser identificado pelo padrão específico de comprimento de onda que absorve da luz visível, que é o espectro de absorção (Taiz; Zeiger, 2013; Claro, 2019).

Os sinais fluorescentes emitidos pelas flores possuem funções específicas e podem ser considerados como serviços de biocomunicação entre insetos e plantas, sendo que estes sinais fluorescentes são considerados atrativos para a maioria das espécies de abelhas, isto ocorre porque o espectro de visão de cores das abelhas está dentro da faixa espectral de 340 nm a 535 nm. No entanto, comprimentos de onda mais longos, como vermelho e infravermelho, são pouco percebidos pelas abelhas, ou seja, são considerados cegos em comprimentos de onda acima de 700 nm (Srinivasan, 2010; Ibarra *et al.*, 2014).

Estudos sobre a atratividade da fluorescência emitida por flores para visitantes florais podem ter se originado de observações de flores expostas à radiação ultravioleta (Iriel *et al.*, 2010). Como a associação entre a cor da flor e a abundância de visitantes florais pode ser explicada pela fluorescência da flor, nossas análises visam explicar a relação entre a fluorescência da flor e a visitação de abelhas através das seguintes questões: (1) a cor da flor e a fluorescência da corola interfere a abundância de espécies de abelhas visitantes (2) as flores vermelhas atraem mais abelhas visitantes?

Diante do exposto, este estudo teve como objetivo aplicar a espectroscopia de fluorescência óptica para estudar a abundância de abelhas em *T. majus*, respondendo às seguintes questões: (1) a cor da flor e a fluorescência da corola interfere a abundância de espécies de abelhas visitantes? (2) as flores vermelhas atraem mais abelhas visitantes?

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Procedimentos experimentais

O experimento foi conduzido no Horto de Plantas Medicinais da Faculdade de Ciências Agrárias, situado na Universidade Federal da Grande Dourados (S 22° 11' 43.7" e W 054° 56' 08.5"), no Período de agosto a setembro de 2019, sendo utilizado 3 transectos com 12 parcelas enumeradas.

As abelhas visitantes foram observadas durante as atividades de forrageamento ao longo do período de florescimento de *T. majus*, entre agosto e outubro de 2019. As observações das mesmas foram realizadas uma vez por semana no período das 8h às 15h.

Foram avaliadas as seguintes características: coloração da corola e as espécies de abelhas que visitavam as flores. As colorações das flores *T. majus* visitadas por abelhas foram anotadas em um diário de campo, juntamente com as espécies de abelhas visitantes, para determinar a abundância dos visitantes.

2.2 Extração de Pigmentos

Os pigmentos foram extraídos de 30 flores de *T. majus* de diferentes cores, que foram coletadas, cortadas e colocadas separadamente em frascos Erlenmeyer contendo metanol P.A na proporção de 1:10 (m:v). Os frascos foram devidamente vedados com parafilme, envoltos em papel alumínio e armazenados em geladeira por três dias. Posteriormente, os extratos florais obtidos foram diluídos em metanol na proporção de 1:1 (v:v) para obter-se as medidas de fluorescência. Os dados obtidos foram comparados com os achados da literatura para determinar os compostos presentes nas flores e sua respectiva relação com as visitas das abelhas.

2.3 Medições de fluorescência

A fluorescência dos extratos florais foi medida afim de obter-se melhores resoluções de espectros de fluorescência e compreender os mecanismos vegetais neles envolvidos.

As medições foram feitas utilizando um espectrofluorômetro portátil. Para tanto, as amostras foram colocadas em uma cubeta e posicionadas a cerca de 5 cm das fontes de excitação e detecção. A distância foi mantida para todas as amostras. Os dados coletados foram utilizados

para desenhar curvas representando picos de emissão de fluorescência divididos em três regiões. A primeira região corresponde à emissão de fluorescência na faixa de 450 a 500 nm, a segunda entre 500 e 635 nm e a terceira entre 635 e 800 nm. Esta configuração experimental fornece um melhor sinal de fluorescência porque usa um laser como feixe de bomba.

2.1 Análise Estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 5 (número de visitantes x coloração da corola). A normalidade dos dados foi testada por Shapiro-Wilk (W) e transformados em $\sqrt{(x+0,5)}$. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em nossas análises observamos que houve interação significativa entre os fatores abundância de espécies de abelhas visitantes e cor da corola ($F= 9.09$; $GL=8$; $p < 0.01$). Um efeito significativo também foi observado para os fatores isolados, abundância de espécies de abelhas visitantes ($F=107.52$; $GL=2$; $p < 0.01$) e cor da corola ($F= 46.93$; $GL=4$; $p < 0.01$).

No total, contamos 1.035 abelhas das espécies *Trigona spinipes* (Fabricius, 1793) (Hymenoptera: Apidae), *Apis mellifera* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Apidae) e *Paratrigona lineata* (Lepeletier, 1836) (Hymenoptera: Apidae).

A abundância das três espécies de abelhas visitantes variou significativamente ($F= 107.52$; $GL= 2$; $p < 0.01$), sendo *T. spinipes* a espécie mais abundante ao longo dos transectos ($7,45 \pm 0,88a$), seguido por *A. mellifera* ($1.89 \pm 0.36b$), e *P. lineata* ($0.42 \pm 0.13c$). Flores de cor laranja ($9.00 \pm 1.33a$) e amarelo ($3.90 \pm 0.71b$) receberam mais visitas de abelhas do que as flores laranja com vermelho, amarelo com vermelho e vermelho, respectivamente ($1.03 \pm 0.30c$; $1.16 \pm 0.29c$; $1.33 \pm 0.31c$) ($F= 46.93$; $DF= 4$; $p= < 0.01$).

As abelhas *T. spinipes* foram abundantes em todas as flores observadas, visitando flores de cor laranja e amarelo. *A. mellifera* visitou flores laranja e *P. lineata* visitou flores laranja, amarelo e vermelho, muito embora *P. lineata* foi menos abundante (Tabela 1).

Tabela 1 - Abundância de espécies de abelhas visitantes em flores de *Tropaeolum majus* de diferentes cores.

Espécies	Laranja	Laranja com Vermelho	Amarelo	Amarelo com Vermelho	Vermelho
<i>Trigona spinipes</i>	19.33 ± 2.46 aA n= 406	2.76 ± 0.78 aC n= 58	9.76 ± 1.31 aB n= 205	2.76 ± 0.65 aC n= 58	2.62 ± 0.70 aC n= 55
<i>Apis mellifera</i>	5.67 ± 1.33 bA n= 119	0.29 ± 0.12 bB n= 6	1.71 ± 0.52 bB n= 36	0.67 ± 0.40 bB n= 14	1.10 ± 0.48 abB n= 23
<i>Paratrigona lineata</i>	2.00 ± 0.54 cA n= 42	0.05 ± 0.05 bB n= 1	0.24 ± 0.10 bAB n= 5	0.05 ± 0.05 bB n= 1	0.29 ± 0.12 bAB n= 6
CV (%)	50.57				

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, minúscula na coluna e maiúscula na linha, em nível de significância de 5% quando comparadas pelo teste de Tukey; n= número de indivíduos; CV= coeficiente de variância.

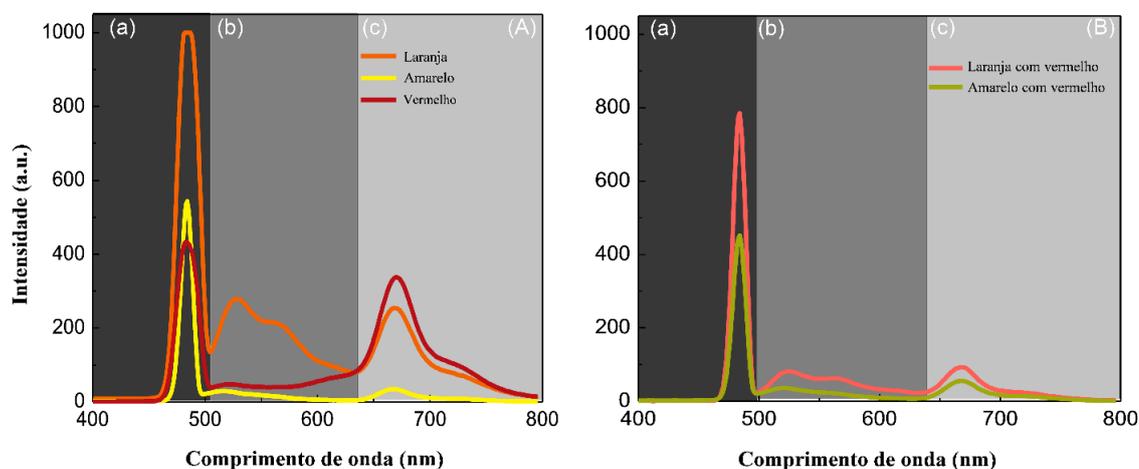
Observamos que *T. spinipes* e *A. mellifera* preferiram visitar flores de cor laranja e amarelo. Os resultados para *Byrsonima variabilis* A. Juss. (Malpighiaceae) foram semelhantes aos nossos, em que abelhas grandes e pequenas mostraram maior preferência por flores de cor laranja e amarelo durante a coleta de recursos florais (pólen e néctar) (Melo *et al.*, 2018).

As abelhas podem detectar e selecionar flores de alta temperatura e, assim, se beneficiar das recompensas florais disponíveis, no entanto, quando se trata do sistema visual das abelhas, as cores das flores desempenham um papel fundamental nas mudanças de temperatura (Chittka; Menzel, 1992; Van der Kooi, 2019). Flores com cores mais intensas absorvem mais calor e, portanto, apresentam temperaturas mais altas. Portanto, as abelhas podem aprender a associar uma determinada cor da flor à sua temperatura e, assim, a cor e a temperatura aumentam a eficiência dos visitantes na aquisição de recursos florais (Dyer *et al.*, 2006; Van der Kooi, 2019).

Diante do exposto, podemos confirmar que as abelhas visitantes utilizam principalmente a luz UV para sua visão na identificação das flores, orientação em relação ao sol e controle da sua posição durante o voo, podendo assim adaptar sua visão às mudanças na taxa de emissão de UV dentro do espectro de luz (Blacquièrre *et al.*, 2006; Reis, 2019).

Outro fator que influencia as cores das pétalas são os metabólitos secundários, principalmente os teores de flavonoides e antocianinas que foram encontrados nas flores de *T. majus* de cor vermelha, enquanto as flores laranja e amarelo apresentaram os maiores teores de carotenóides (Costa *et al.*, 2014; Gonçalves *et al.*, 2019).

Figura 1 - Intensidade de fluorescência (em unidades arbitrárias, a.u.) em diferentes comprimentos de onda de flores de corola laranja, amarelo e vermelho (A), flores com guias de néctar (laranja com vermelho e Amarelo com vermelho) (B) de *Tropaeolum majus*.



Fonte: Autores (2023).

O teste de fluorescência das flores de *T. majus* mostrou três bandas de intensidade de diferentes comprimentos de onda (Figura 1), sendo: a primeira banda (entre 450 e 500 nm; Figura 1a), com um pico centrado em torno de 480 nm devido à presença de fluoróforos (por exemplo, ácido hidroxicinâmico) (Putschögl *et al.*, 2008) e flavonóis (por exemplo, miricetina, quercetina e kaempferol) (Garzón *et al.*, 2015); a segunda banda (entre 500 e 635 nm; Figura 1b), com dois picos, em cerca de 528 nm e outro em cerca de 564 nm, o que pode estar relacionado à presença de β -caroteno, com maior intensidade em relação à antocianina, respectivamente (Cherry *et al.*, 1968; Drabent *et al.*, 1999); e a terceira banda (Figura 1c), com dois picos, um em 670 e outro em 722 nm, atribuídos à fluorescência da clorofila a e b, respectivamente (Falco *et al.*, 2011). Assim, notamos que as flores de corola vermelho têm um pico em 480 nm, que é menor que as flores de corola laranja e amarelo (Figura 1a), e um pico maior em 670 nm, que é atribuído à fluorescência das clorofilas a e b (Figura 1c).

As flores de corola laranja mostraram uma ampla banda de fluorescência de 475 a 800 nm (Figura 1A). Descobrimos que, entre 400 e 600 nm, a fluorescência era devida à presença de compostos como ácido hidroxicinâmico, flavonóis, isoflavonóides, flavonas e ácido fenólico, enquanto entre 600 e 800 nm era devida à clorofila (Falco *et al.*, 2011). Como a maioria desses compostos está presente nas flores de *T. majus*, o padrão do espectro de fluorescência (Figura 1) concorda com seus conteúdos (Putschögl *et al.*, 2008; Garzón *et al.*, 2015). As flores de cor laranja de *T. majus* apresentam as maiores quantidades de kaempferol, seguidas pelas de cor vermelho e amarelo (Garzón *et al.*, 2015). Entre os flavonóis em amostras de páprica, o kaempferol teve a maior intensidade de fluorescência na excitação em torno de 405 nm, enquanto a quercetina e a

miricetina tiveram intensidades muito mais baixas (Monago-Maraña *et al.*, 2016). Portanto, a fluorescência da região (a) na Figura 1 é determinada pelo kaempferol em amostras de extrato de flor de cor laranja e vermelho, maior em laranja do que em flores vermelho. O espectro nesta região de flores amarelo que apresentou a menor quantidade desses flavonóis, foi determinado pela maior quantidade de ácido hidroxicinâmico.

As abelhas não possuem um receptor de luz vermelha na banda de 700 nm porque sua visão é restrita a comprimentos de onda curtos entre UV (300 nm) ao laranja (690 nm), enquanto vermelho e infravermelho (IR) estão em uma faixa espectral acima de 700 nm (Van der Kooi, 2019), explicando as baixas visitas de abelhas nestas flores. Assim, a fluorescência verde emitida pelas flores vermelhas de *T. majus* assemelha-se à folhagem verde dispersa no ambiente, pois as folhas também apresentam um composto de clorofila com emissão de fluorescência verde (Chittka *et al.*, 1994; Melo *et al.*, 2018). Portanto, flores de corola vermelho não ficaram em evidência, explicando a baixa abundância de visitas de abelhas nas flores laranja com vermelho, amarelo com vermelho e principalmente vermelho, que apresentaram maiores emissões. Vale ressaltar que o odor exalado pelos estames de *T. majus* atrai polinizadores, servindo como uma pista para encontrar essas flores pouco atraentes (Silva *et al.*, 2012).

Nossos resultados suportam a hipótese de que as medições de fluorescência de flores indicam emissões de comprimento de onda UV, que estimulam os fotorreceptores do olho do inseto (Brito *et al.*, 2014). Eles também provam que as abelhas visitam menos flores vermelho devido às suas emissões mais altas (acima de 700 nm) e alto índice de fluorescência da clorofila nesta banda. Além disso, nossos resultados sugerem que o padrão de fluorescência da flor é um sinal importante no reconhecimento de flores pelas abelhas visitantes (Srinivasan, 2010; Ibarra *et al.*, 2014; Brito *et al.*, 2014; Melo *et al.*, 2018). Portanto, nossos achados levantam novas possibilidades na percepção de visitantes florais, uma vez que a fluorescência não foi considerada importante na atração de abelhas para diferentes flores de *T. majus*.

4 CONCLUSÃO

A fluorescência da corola interfere a abundância de espécies de abelhas visitantes, sendo as flores laranja e amarelo as mais visitadas pelas abelhas devido à sua maior temperatura e emissão de fluorescência em comparação com as flores vermelho, amarelo com vermelho e laranja com vermelho. As condições climáticas também interferem a visitação das abelhas, mas dependem do horário diurno e das espécies de abelhas. Existe uma relação entre as visitas das abelhas e os compostos florais, uma vez que as flores laranja e vermelho possuem kaempferol e as amarelas possuem menos desses flavonóis, sendo seu espectro determinado por uma maior quantidade de

ácido hidroxicinâmico. Apesar de visitadas, as flores vermelhas devem parecer pretas para as abelhas, pois a luz emitida por elas está além do alcance espectral das abelhas, acima de 700 nm.

REFERÊNCIAS

BLACQUIÈRE, T.; VAN DER, A. A.; FURNÉE, J.; CORNELISSEN, B.; DONDERS, J. N. L. C. Behaviour of honey bees and bumble bees beneath three different greenhouse claddings. **Proceedings of the Netherlands Entomological Society Meeting**, v. 17, p. 93-102, 2006.

BRITO, V. L. G.; TELLES, F.; LUNAU, K. Ecologia cognitiva da polinização. In: RECH, A. R.; AGOSTINI, K.; OLIVEIRA, P. E. A. M.; MACHADO, I. C. *Biologia da Polinização*. Editora Projeto Cultural, 2014, 524p.

CHERRY, R.J.; CHAPMAN, D.; LANGELAAR, J. Fluorescence and phosphorescence of β -carotene. **Transactions of the Faraday Society**, v. 64, p. 2304-2307, 1968.

CHITTKA, L.; MENZEL, R. The evolutionary adaptation of flower colours and the insect pollinators' colour vision. **Journal of Comparative Physiology A**, v. 171, p. 171-181, 1992.

CHITTKA, L.; SHMIDA, A.; TROJE, N.; MENZEL, R. Ultraviolet as a component of flower reflections, and the colour perception of Hymenoptera. **Vision Research**, v. 34, p. 1489-1508, 1994.

CLARO, P. R. Cores de outono. **Revista de Ciência Elementar**, v. 7, n. 2, 2019.

COSTA, L. C.; RIBEIRO, W. S.; BARBOSA, J. A. Compostos bioativos e alegações de potencial antioxidante de maracujá, cravo amarelo, rosa e capuchinha. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 16, p. 279-289, 2014.

DRABENT, R.; PLISZKA, B.; OLSZEWSKA, T. Fluorescence properties of plant anthocyanin pigments. I. Fluorescence of anthocyanins in *Brassica oleracea* L. extracts. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 50, p. 53-58, 1999.

DYER, A.G.; CHITTKA, L. Bumblebee search time without ultraviolet Light. **Journal of Experimental Biology**, v. 207, p. 1683-1688, 2004.

FALCO, W.F.; BOTERO, E.R.; FALCÃO, E.A.; SANTIAGO, E.F.; BAGNATO, V.S.; CAIRES, A.R.L. In vivo observation of chlorophyll fluorescence quenching induced by gold nanoparticle. **Journal of photochemistry and photobiology A: Chemistry**, v. 225, p. 65-71, 2011.

FAEGRI, K.; VAN DER PILJ, L. The principles of pollination ecology. **3. ed. New York: Pergamon**, p. 224, 1979.

GARZÓN, G.A.; MANNS, D.C.; RIEDL, K.; SCHWARTZ, S.J.; PADILLA-ZAKOUR, O. Identification of phenolic compounds in petals of nasturtium flowers (*Tropaeolum majus*) by high-performance liquid chromatography coupled to mass spectrometry and determination of oxygen radical absorbance capacity (ORAC). **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 63, p. 1803-1811, 2015.

GULDBERG, L. D.; ATSATT, P. R. Frequency of reflection and absorption of ultraviolet light in flowering plants. **American Midland Naturalist**, p. 35-43, 1975.

IBARRA N. H.; VOROBYEV M. E.; MENZEL, R. Mechanisms, functions and ecology of colour vision in the honeybee. **J. Comp Physiol a Neuroethol Sens Neural Behav Physiol**, v. 200, n. 6, p. 411–433, 2014.

IRIEL, A.; LAGORIO, M.G. Is the flower fluorescence relevant in biocommunication? **Naturwissenschaften**, v. 97, p. 915-9240, 2010.

MELO, E. F. R. Q.; SANTOS, O. S.; NOGUEIRA FILHO, H.; SINCHAK, S. S.; PUNTEL, R.; QUEVEDO, F. Avaliação do Crescimento de *Tropaeolum majus* L. em Hidroponia. **Associação Brasileira de Horticultura**, 2003.

MONAGO-MARAÑA, O.; DURÁN-MERÁS, I.; GALEANO-DÍAZ, T.; DE LA PEÑA, A.M. Fluorescence properties of flavonoid compounds. Quantification in paprika samples using spectrofluorimetry coupled to second order chemometric tools. **Food Chemistry**, v. 196, p. 1058-1065, 2016.

PUTSCHÖGL, M.; ZIRAK, P.; PENZKOFER, A. Absorption and emission behaviour of trans-p-coumaric acid in aqueous solutions and some organic solvents. **J. Chem. Phys.** **2008**, *343*, 107-120.

REIS, M. Podem as abelhas resolver o problema causado pelo excesso de néctar na framboesa? **Revista Técnica em Ciência Agrícola**. p. 5-7, 2019.

ROBINSON, K. UV light reveals mating secrets of jumping spiders. **Biophotonics international**, v. 14, n. 3, p. 22-23, 2007.

RODRÍGUEZ-GIRONES, M. A.; SANTAMARIA, L. Why are so many bird flowers red? **PLoS Biology**, v. 2, p. 1515-1519, 2004.

SILVA, M. E. P. F.; MUSSURY, R. M.; SILVESTRE, R.; SCALON, S. P. Q.; BRAGA, L. F.; SOUSA, M. P. Fauna visiting cultivated populations of *Tropaeolum majus* L. (Tropaeolaceae). **International Journal of Science**, v. 3, 2012.

SPAETHE, J.; TAUTZ, J.; CHITTKA, L. Visual constraints in foraging bumblebees: flower size and color affect search time and flight behavior. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 98, n. 7, p. 3898–3903, 2001.

SRINIVASAN, M. V. Honeybees as a model for vision, perception, and cognition. **Annual review of entomology**, v. 55, p. 267-284, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5ª ed. Porto Alegre: **Artmed**, 2013. p. 954.

VAN DER KOOL, C.J.; KEVAN, P.G.; KOSKI, M.H. The thermal ecology of flower. **Annals of Botany**, v.124, p. 343-353, 2019.

CAPÍTULO 9

CONSÓRCIO DE PLANTAS AROMÁTICAS COM CENOURA (*Daucus carota* L.) COMO ESTRATÉGIA PARA O MANEJO DE PRAGAS AGRÍCOLAS

CONSORTIUM OF AROMATIC PLANTS WITH CARROT (*Daucus carota* L.) AS A STRATEGY FOR MANAGING AGRICULTURAL PESTS

Lucas Matheus Monteiro dos Santos   

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco - PE, Brasil

Claudia Helena Cysneiros Matos   

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco - PE, Brasil

Carlos Romero de Oliveira   

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco - PE, Brasil

Astrogilda Batista do Nascimento   

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco - PE, Brasil

Maria Janiele Alexandre Carvalho   

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco - PE, Brasil

Geordan Olegário dos Santos Primo   

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco - PE, Brasil

Thaynara Cristine Moraes Coêlho   

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco - PE, Brasil

Vanessa Luana da Conceição Pereira   

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco - PE, Brasil

DOI: 10.52832/wed.67.418 



RESUMO

O presente estudo objetivou avaliar o efeito da introdução das plantas aromáticas manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) e coentro (*Coriandrum sativum* L.) em cultivos de cenoura (*Daucus carota* L.) sobre a incidência de artrópodes-pragas e na atratividade de insetos predadores associados a esta cultura. O experimento foi conduzido em delineamento em blocos ao acaso com quatro tratamentos e quatro repetições e as amostragens dos insetos foram realizadas semanalmente com batida na bandeja branca e contagem visual dos insetos em cada parcela, durante todo o ciclo da cultura, totalizando oito amostragens. Foram contabilizados 461 insetos, distribuídos em sete ordens e 12 famílias. Os dados foram submetidos a Análise de Variância (ANOVA) e quando significativos foram comparados pelo teste de Tukey ($P \geq 0,05$) por meio do *software* R, versão 4.2.1, atendendo aos pressupostos da ANOVA. A utilização das plantas aromáticas proporcionou predominância de insetos benéficos (predadores e polinizadores) das famílias Apidae ($F = 5,92$; $GL = 3$; $P = 0,0008$) e Vespidae ($F = 5,64$; $GL = 3$; $P = 0,0012$) (Hymenoptera), Dolichopodidae ($F = 12,64$; $GL = 3$; $P = 0,0000$) (Diptera) e Coccinellidae ($F = 0,64$; $GL = 3$; $P = 0,5905$) (Coleoptera), contribuindo com a baixa incidência de insetos fitófagos.

Palavras-chave: Predadores, Cultura consorciada, *Daucus carota*.

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the effect of introducing the aromatic plants basil (*Ocimum basilicum* L.) and coriander (*Coriandrum sativum* L.) in carrot (*Daucus carota* L.) crops in the incidence of arthropod pests and in the attractiveness of predatory insects associated with this crop. The experiment was conducted in a randomized block design with four treatments and four replications and insect sampling was carried out weekly by tapping the white tray and visually counting the insects in each plot, throughout the crop cycle, totaling eight samples. 461 insects were recorded, distributed across seven orders and 12 families. The data were subjected to Analysis of Variance (ANOVA) and when significant, they were compared using the Tukey test ($P \geq 0.05$) using the R software, version 4.2.1, meeting the ANOVA assumptions. The use of aromatic plants provided a predominance of beneficial insects (predators and pollinators) from the Apidae ($F = 5.92$; $GL = 3$; $P = 0.0008$) and Vespidae ($F = 5.64$; $GL = 3$; $P = 0.0012$) (Hymenoptera), Dolichopodidae ($F = 12.64$; $GL = 3$; $P = 0.0000$) (Diptera) and Coccinellidae ($F = 0.64$; $GL = 3$; $P = 0.5905$) (Coleoptera), contributing to the low incidence of phytophagous insects.

Keywords: Predators, Intercropping, *Daucus carota*.

1 INTRODUÇÃO

Entre as principais hortaliças produzidas no Brasil a cenoura (*Daucus carota* L.) se destaca como uma das mais relevantes. A produção anual é estimada em cerca de um milhão de toneladas produzidas em aproximadamente 25 mil hectares (Embrapa, 2022). Apesar do sucesso com a produção de hortaliças no Brasil, muitos são os problemas de ordem fitossanitária que acometem o desenvolvimento adequado das culturas. Dentre os problemas que limitam a produtividade, os danos ocasionados por insetos-praga é um dos maiores entraves, onde os altos níveis de infestação contribuem para redução da produção.

Hoje, a maioria dos produtores adotam o controle químico sintético como a principal alternativa para o controle de pragas agrícolas, no entanto esse não deve ser o único meio adotado, tendo em vista que o uso indiscriminado de defensivos fitossanitários contribui para a ocorrência de problemas de ordem ecológica, econômica e social (Rigotto *et al.*, 2014). Plantas como o manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) e o coentro (*Coriandrum sativum* L.) têm sido utilizadas em estudos de consórcio com hortaliças para avaliar seus potenciais no controle de pragas devido às suas propriedades inseticidas e repelentes, o que as tornam opções viáveis para o manejo integrado de pragas (Fernandes *et al.*, 2004). Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da introdução de plantas aromáticas de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) e coentro (*Coriandrum sativum* L.) em cultivo de cenoura (*Daucus carota* L.) sobre a incidência de artrópodes-pragas e na atratividade de insetos predadores nessa cultura.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em área experimental na Unidade Acadêmica de Serra Talhada da Universidade Federal Rural de Pernambuco (07° 57' 01" S e 38° 17' 53" O). O experimento foi conduzido em delineamento em blocos ao acaso (DBC) com quatro tratamentos e quatro repetições sendo, cenoura solteira (C), cenoura consorciada com coentro (CC), cenoura consorciada com manjeriço (CM) e cenoura consorciada com coentro e manjeriço (CCM).

A semeadura da cenoura (*Daucus carota* L.) foi realizada em blocos de 4 m de comprimento por 1 m de largura onde cada parcela possuiu 1 m². Para o tratamento solteiro (C), o espaçamento adotado foi de 0,2 m entre linhas por 0,05 m entre plantas. No tratamento CC o coentro foi semeado em linhas paralelas as de cenoura, distanciadas 0,2 m, sendo que para cada duas linhas de cenoura foi semeada uma de coentro. Para os tratamentos consorciados com manjeriço (CM e CCM), o manjeriço foi semeado em espaçamento de 0,5 m entre plantas, totalizando seis plantas por m². Em ambos, os espaçamentos da cenoura e coentro foram iguais aos já citados. Foi feita adubação de plantio com uso de esterco bovino (3 kg.m⁻²) e a irrigação de forma complementar, em dois turnos ao dia, com sistema de irrigação por gotejamento. No experimento foram utilizadas cenoura Brasília (Isla), coentro Verdão (Isla) e manjeriço tipo Limoncino (Isla).

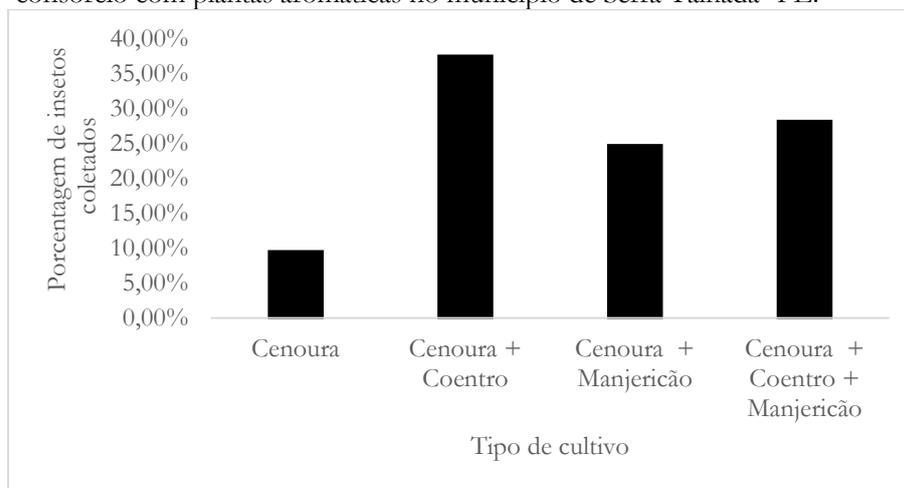
A amostragem dos artrópodes foi realizada, semanalmente, durante todo o ciclo da cultura totalizando oito amostragens. As coletas dos insetos foram feitas de forma ativa por meio de batida na bandeja branca, consistindo em três batidas das plantas de cada parcela amostrada na bandeja e por meio da observação e contagem direta dos insetos em cada parcela por um período de 10 minutos. A identificação dos insetos coletados foi feita em nível de família (Gallo *et al.*, 2002; Fujihara *et al.*, 2011). Os dados foram submetidos a Análise de Variância (ANOVA) e quando

significativos foram comparados pelo teste de Tukey ($P \geq 0,05$) por meio do *software* R, versão 4.2.1, atendendo aos pressupostos da ANOVA.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram contabilizados 461 insetos associados ao cultivo de cenoura solteiro e em consórcio com as plantas aromáticas através de contagem direta nas plantas. Destes, apenas 9,54% esteve presente no cultivo solteiro, sendo a maior parte dos insetos encontrada no consórcio cenoura-coentro (37,53%), seguido do consórcio cenoura-coentro-manjerição (28,20%) e cenoura-manjerição (24,73%) (Figura 1). Os insetos estiveram distribuídos em sete ordens e 12 famílias. Nos cultivos consorciados houve predominância de insetos benéficos, os quais estiveram representados por Hymenoptera (Apidae e Vespidae), Coleoptera (Coccinellidae) e Diptera (Dolicopodidae). Estes resultados confirmam o benefício proporcionado à cenoura pelo consórcio com essas plantas aromáticas, uma vez que no cultivo solteiro estes insetos não estiveram presentes.

Figura 1 - Distribuição dos insetos ($n=461$) associados ao cultivo solteiro de cenoura ou em consórcio com plantas aromáticas no município de Serra Talhada -PE.



Fonte: Autores (2023).

Esta pesquisa mostrou que famílias de insetos benéficos diferiram significativamente nos tratamentos. Apidae foi significativa no tratamento cenoura consorciada com coentro ($F = 5,92$; $GL = 3$; $P = 0,0008$) (Tabela 1). Brito (2018) avaliou o consórcio de pimenta malagueta *Capsicum frutescens* com coentro e manjerição e, assim como observado no presente estudo, ocorreu maior abundância de polinizadores nos tratamentos consorciados com essas aromáticas do que na pimenta em cultivo solteiro. Segundo o autor, a presença de óleos voláteis nessas espécies aromáticas tem ação atrativa sobre insetos polinizadores e predadores (Rocha *et al.*, 2012), o que explica a maior abundância desses organismos nos tratamentos em que estão presentes.

Diferentemente do trabalho de Brito (2018), esta pesquisa mostrou diferença significativa do tratamento cenoura consorciada com coentro quanto a atratividade de polinizadores ($F = 5,92$; $GL = 3$; $P = 0,0008$).

O tratamento CC assim como CCM demonstrou diferença significativa quando se avaliou a atratividade de Vespidae ($F = 5,64$; $GL = 3$; $P = 0,0012$) (Tabela 1), o que sugere que a planta aromática coentro possui maior contribuição que o manjeriço na ocorrência desta família no agroecossistema. A ordem Hymenoptera é de grande importância agrícola, pois nela são encontrados importantes grupos de insetos polinizadores e agentes de controle biológico de pragas agrícolas. Este fato pode ser decorrente da oferta de recursos alimentares disponíveis pelo coentro e que são melhor aceitos pelos polinizadores quando comparados aos oferecidos pelo manjeriço. Nesse contexto, a presença desses grupos de himenópteros no consórcio de cenoura com coentro e manjeriço pode ser explicada pela atratividade de recursos oferecidos por essas plantas aromáticas a esses organismos. Esses insetos têm papel de grande relevância na dinâmica dos ecossistemas, que é influenciada pela diversidade desses organismos. Além disso, apresentam uma estreita relação com determinadas espécies de plantas, seja como fonte de recursos alimentares ou como substrato para a reprodução

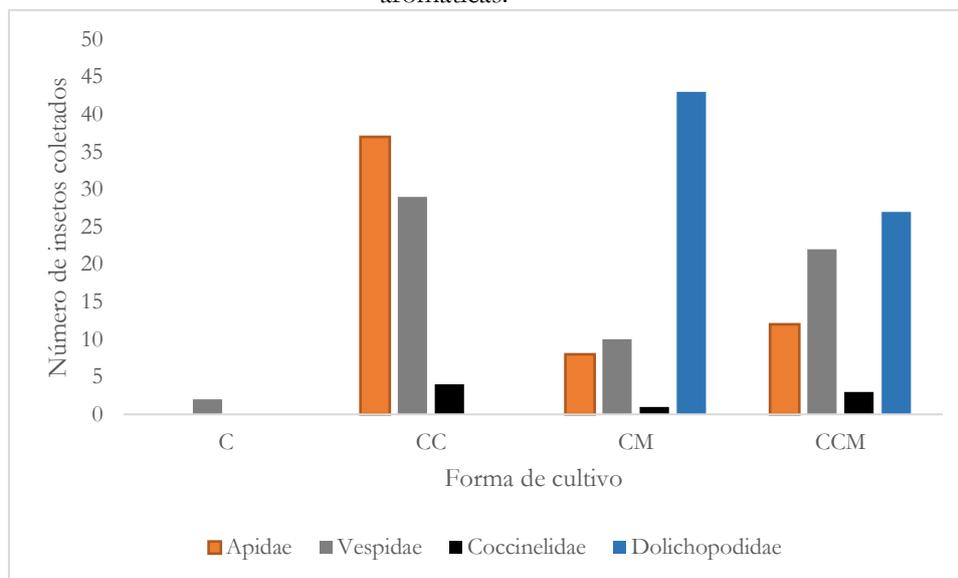
Tabela 1 - Abundância média de insetos obtidos através de coleta ativa associados ao cultivo solteiro de cenoura e em consórcio com manjeriço e coentro no município de Serra Talhada-PE, no período de março a maio de 2023.

Família	C	CC	CM	CCM
Apidae	0,00b	1,15 ^a	0,25b	0,37b
Vespidae	0,03c	0,93 ^a	0,31bc	0,68ab
Formicidae	0,12a	1,75 ^a	0,40a	1,12 ^a
Cicadellidae	0,78a	0,50 ^a	0,43a	0,25 ^a
Pentatomidae	0,93a	0,03 ^a	0,12a	0,21 ^a
Aphididae	0,00a	0,28 ^a	0,06a	0,03 ^a
Acrididae	0,18a	0,15 ^a	0,28a	0,09 ^a
Chrysomellidae	0,00a	0,03 ^a	0,12a	0,06 ^a
Coccinelidae	0,00a	0,12 ^a	0,03a	0,09 ^a
Lampyridae	0,00a	0,00a	0,03a	0,00a
Dolichopodidae	0,00b	0,00b	1,34a	0,84 ^a
Syrphidae	0,03a	0,03 ^a	0,00a	0,00a

C = Cenoura, CC = Cenoura consorciada com coentro, CM = Cenoura consorciada com manjeriço, CCM = Cenoura consorciada com coentro e manjeriço. Médias seguidas pela mesma letra, em cada linha, não diferiram significativamente pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). **Fonte:** Autores (2023).

Outro registro importante foi dos coleópteros Coccinellidae, que apesar de não terem diferido nos tratamentos ($F = 0,64$; $GL = 3$; $P = 0,5905$) ocorreram apenas naqueles em que as plantas aromáticas estavam presentes (Tabela 1 e Figura 2). Esta família representa o principal grupo de predadores usados no controle biológico de pragas agrícolas no mundo e um aspecto importante é o fato de que muitas espécies utilizam outras fontes de alimento alternativos, além de suas presas, o que é fundamental para garantir a sua sobrevivência no ambiente (Resende *et al.*, 2010). É importante ressaltar que a baixa ocorrência de Coccinellidae pode estar relacionada a baixa incidência de presas como pulgões e cochonilhas, o que permite inferir que os espécimes coletados estivessem sendo atraídos, por meio das plantas aromáticas, e utilizando-se das mesmas, como fonte alternativa de alimento para sua manutenção e sobrevivência. Nesse contexto, os requerimentos do habitat podem desempenhar um papel essencial para o sucesso reprodutivo, sobrevivência e manutenção desses predadores nos agroecossistemas. Tais considerações podem explicar a presença dos Coccinellidae predadores apenas nos tratamentos em que a cenoura estava em consórcio com plantas aromáticas (Figura 2), as quais apresentam recursos como pólen e néctar, que podem ser utilizados por esses predadores.

As moscas Dolichopodidae foram significativas nos tratamentos consorciados com o manjeriço (CM e CCM) ($F = 12,64$; $GL = 3$; $P = 0,0000$) (Tabela 1). Isto demonstra que esta planta aromática pode contribuir com redução de pragas na cultura, uma vez que exerce atratividade a este predador, cujo potencial pode ser avaliado para o manejo de pragas associadas à cenoura. Este grupo compreende moscas que são importantes agentes de controle biológico como predadoras generalistas, podendo atuar no controle de diversas pragas, como moscas-branca, afídeos, tripses e ácaros (Ulrich, 2004; Bickel, 2009; Pape *et al.*, 2011). As espécies deste grupo são comumente encontradas em diversos ecossistemas, entretanto, diferentes práticas de manejo podem influenciar na sua densidade populacional. Neste trabalho observou-se que o enriquecimento da área com plantas aromáticas de manjeriço contribuiu com maior população destes predadores no agroecossistema (Figura 2).

Figura 2 - Insetos benéficos coletados em cultivo de cenoura solteiro e consorciado com plantas aromáticas.

Fonte: Autores (2023).

A atratividade de insetos benéficos proporcionada pelo manjeriço também foi observada por Montserrat *et al.* (2012) e Souza (2014) quando utilizado em consórcio com o pimentão *Capsicum annuum* L. Os autores observaram atratividade do predador *Orius laevigatus* (Hemiptera: Anthocoridae) e destacam a importância das flores dessas plantas por disponibilizarem néctar e pólen para a sobrevivência, desenvolvimento, maturação sexual e produção de ovos de predadores (Lundgren, 2009; Lundgren e Seagraves, 2011; Amaral *et al.*, 2013).

As demais famílias identificadas não diferiram estatisticamente nos tratamentos, entretanto as famílias Cicadellidae, Pentatomidae, Acrididae e Aphididae que possuem potencial de causar danos econômicos como praga agrícola ocorreram com menor incidência nos tratamentos CCM, CC, CCM e CCM respectivamente. Isso possibilita inferir que o consórcio de cenoura com coentro e manjeriço pode atuar na repelência dessas famílias com maior intensidade que os demais tratamentos. A volatilização dos compostos do coentro em conjunto com os do manjeriço pode criar um ambiente desfavorável a ocorrência desses organismos, mas que ao mesmo tempo, devido a oferta de recursos alimentares torna-se favorável ao desenvolvimento de predadores e polinizadores.

De maneira geral, o que fica claro até o momento é que a heterogeneidade proporcionada pelos cultivos de cenoura consorciado com as aromáticas coentro e manjeriço está contribuindo com a baixa incidência de insetos fitófagos em todos os tratamentos utilizados e com predominância de predadores e polinizadores nos tratamentos em consórcio.

4 CONCLUSÃO

O uso das espécies aromáticas coentro e manjeriço, em consórcio com a cenoura, demonstrou trazer benefícios à cultura-alvo através da atratividade de artrópodes predadores e polinizadores através da oferta de recursos como pólen e néctar, que podem ser utilizados por esses organismos, possibilitando sua manutenção nas culturas agrícolas. Além disso, essas plantas aromáticas são ricas em compostos voláteis que podem ter ação repelente sobre as pragas diminuindo a sua incidência e, conseqüentemente, os prejuízos por elas ocasionados às culturas.

Agradecimentos e financiamento

Agradecimentos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de pesquisa.

REFERÊNCIAS

AMARAL, D. S. S.; VENZON, M.; DUARTE, M. V.; SOUSA, F. F.; PALLINI, A.; HARWOOD, J. D. Non-crop vegetation associated with chili pepper agroecosystems promote the abundance and survival of aphid predators. **Biological Control**, v. 64, p. 338-346. 2013.

BICKEL, D. J. Dolichopodidae (long-legged flies). In: BROWN, B.V.; BORKENT, A.; CUMMING, J.H., WOOD, D. M.; WOODLEY, N. E.; ZUMBADO, M. A. eds. **Manual of Central American Diptera**, vol 1, Canada: NRC Research Press. p.671-694, 2009.

BRITO, E. A. S. **Consórcio de plantas aromáticas com pimenta malagueta (*Capsicum frutescens*) como estratégia de manejo de pragas**. 2018.33 f. Dissertação (Mestrado em Defesa Sanitária Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa.

EMBRAPA. **Cenoura**. 2022. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cenoura> > Acesso em: 25 de ago. 2023.

FERNANDES, P. C.; FACANALI, R.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; MARQUES, M. O. M. Cultivo de manjeriço em hidroponia e em diferentes substratos sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 22, p. 260-264, 2004.

FUJIHARA, R. T.; FORTI, L. C.; ALMEIDA, M. C.; BALDIN, E. L. L. **Insetos de importância econômica: guia ilustrado para identificação de famílias**. Botucatu, SP: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 2011.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.

LUNDGREN, J. G. Nutritional aspects of non-prey foods in the life histories of predaceous Coccinellidae. **Biological Control**, v. 51, p. 294–305. 2009.

LUNDGREN, J. G.; SEAGRAVES, M. P. Physiological benefits of nectar feeding by a predatory beetle. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 104, p. 661–669. 2011.

MONTSERRAT, C. B.; JANSSEN, D.; ACEDO, L. L.; SALVADOR, E.; NAVARRO, M. M. T. Utilización de *Mentha suaveolens* Ehrh y *Ocimum basilicum* L. como plantas refúgio para adelantar la instalación de *Orius laevigatus* F. (Hemiptera: Anthocoridae) em cultivo de pimiento. **Boletín de Sanidad Vegetal**, v. 38, n. 2, p. 311-319, 2012.

PAPE, T.; BLAGODEROV, V.; MOSTOVSKI, M.B. Order Diptera Linnaeus, 1758. In: Zhang, Z-Q. (Ed.). Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. **Zootaxa**, v. 3148, n. 1, p. 222-229, 2011.

RESENDE, A. L. S.; VIANA, A. J. S.; OLIVEIRA, R. J.; AGUIAR-MENEZES, E. L.; RIBEIRO, R.; RICCI, M. S. F.; GUERRA, J. G. M. Consórcio couve-coentro em cultivo orgânico e sua influência nas populações de joaninhas. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 1, p. 41-46, 2010.

RESENDE, A. L. S.; VIANA, A. J. S.; OLIVEIRA, R. J.; AGUIAR-MENEZES, E. L.; RIBEIRO, R.; RICCI, M. S. F.; GUERRA, J. G. M. Consórcio couve-coentro em cultivo orgânico e sua influência nas populações de joaninhas. **Horticultura Brasileira**, v.28, n.1, p.41-46, 2010.

RIGOTTO, R. M.; VASCONCELOS, D. P.; ROCHA, M. M. Uso de agrotóxicos no Brasil e problemas para a saúde pública. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 30, p. 1360-1362, 2014.

ROCHA, C. R. *et al.* Crescimento, produção de fitomassa e teor de óleo essencial de folhas de capim citronela (*Cymbopogon nardus* (L.) Rendle) em cultivo consorciado com algodoeiro colorido no semiárido mineiro. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.14, p.183-187, 2012.

SOUZA, I. L. **Controle biológico de pragas do pimentão (*Capsicum annuum* L.) orgânico em cultivo protegido associado a manjeriço (*Ocimum basilicum* L.)**. 2014. 61 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal de Lavras.

ULRICH, H. Predation by adult Dolichopodidae (Diptera): a review of literature with an annotated prey-predator list. **Studia Dipterologica**, v. 11, n. 2, p. 369-403, 2004.

CAPÍTULO 10

ASSEMBLEIA DE PEIXES ENTRE RIACHOS DA BACIA DO PARANAPANEMA

FISH ASSEMBLY IN STREAMS OF THE PARANAPANEMA BASIN

João Marlus Brito   

Universidade Estadual do Norte do Paraná, Paraná - PR, Brasil

Ingrid Lima de Oliveira   

Universidade Estadual do Norte do Paraná, Paraná - PR, Brasil

Marcos Matheus do Carmo Lima   

Universidade Estadual do Norte do Paraná, Paraná - PR, Brasil

Leonardo Brizola Martins   

Universidade Estadual do Norte do Paraná, Paraná - PR, Brasil

Leticia Cardoso Pio   

Universidade Estadual do Norte do Paraná, Paraná - PR, Brasil

Thiago Donizete   

Universidade Estadual do Norte do Paraná, Paraná - PR, Brasil

Gabriel Machnizh Machado   

Universidade Estadual do Norte do Paraná, Paraná - PR, Brasil

Eliezer de Oliveira da Conceição   

Universidade Estadual do Norte do Paraná, Paraná - PR, Brasil

Dyego Leonardo Ferraz Caetano   

Universidade Estadual do Norte do Paraná, Paraná - PR, Brasil

Tatiane Mantovano   

Universidade Estadual do Norte do Paraná, Paraná - PR, Brasil

DOI: 10.52832/wed.67.419 



RESUMO

Os ecossistemas aquáticos, como os riachos, fornecem inúmeros serviços aos seres vivos, porém o processo de urbanização tem modificado estes ambientes, levando à perda da qualidade da água e à diminuição da biodiversidade. O objetivo do estudo foi comparar a estrutura da assembleia de peixes e condições ambientais de riachos rurais e urbanos nos municípios de Ourinhos-SP e Jacarezinho-PR. Espera-se que em riachos rurais a qualidade ambiental seja melhor e que a assembleia de peixes apresenta maior número de espécies. As assembleias de peixes, bem como as variáveis ambientais, foram amostradas em 12 riachos, seis urbanos e seis rurais. Foram registradas 24 espécies, 18 nos riachos rurais e 13 nos urbanos. Considerando o protocolo de avaliação rápida, os riachos rurais apresentam condições ambientais melhores do que os urbanos. Os resultados obtidos podem ser utilizados como ferramenta para planejamento estratégico de conservação, bem recuperação de áreas dos riachos degradados pela ação antrópica.

Palavras-chave: Biodiversidade. Qualidade ambiental. Teleostei.

ABSTRACT

Aquatic ecosystems such as streams provide numerous services to living beings, but the process of urbanization has modified these environments, leading to a loss of water quality and a decrease in biodiversity. The aim of the study was to compare fish assemblage structure and environmental conditions in rural and urban streams in the municipalities of Ourinhos-SP and Jacarezinho-PR. It is expected that in rural streams the environmental quality is better and that the fish assemblage has a greater number of species. These fish assemblages and environmental variables were sampled in 12 streams, six urban and six rural. A total of 24 species were recorded, 18 in the rural streams and 13 in the urban ones. Considering the rapid assessment protocol, the rural streams have better environmental conditions than the urban ones. The results obtained can be used as a tool for strategic conservation planning and the recovery of stream areas degraded by anthropogenic action.

Keywords: Biodiversity. Environmental quality. Teleostei.

1 INTRODUÇÃO

Os ecossistemas aquáticos são fundamentais para os seres vivos uma vez que fornecem de uma gama de serviços, tais como água, alimentos, eletricidade, dentre outros (Martins *et al.*, 2014). No entanto, o crescimento populacional humano e o consumo, aliado ao desenvolvimento econômico, bem como alterações do uso do solo, têm levado ao aumento da demanda e pressão sobre os recursos naturais dos ecossistemas aquáticos (Martins; Antunes, 2019). Estes impactam não apenas os aspectos físicos e químicos da água, mas também toda a biodiversidade relacionada a estes ecossistemas (Martins; Antunes, 2019).

Dentre os ecossistemas aquáticos que vem sofrendo os impactos das ações antrópicas destacam-se os riachos. Os riachos são considerados corpos aquáticos de até 3º ordem de grandeza. São ambientes de extrema importância para as bacias hidrográficas das quais fazem parte, especialmente quando fatores como a disponibilidade de recursos para as comunidades que ali habitam e a hidrografia são levados em consideração (Caetano; Jané, 2018). Dessa forma, quaisquer

alterações que ocorram, remetem a uma consequência sofrida na região onde o riacho afetado está situado, afetando, de forma significativa, as assembleias das espécies que ali existem.

Um dos principais fatores que contribuem exponencialmente para a degradação dos ecossistemas aquáticos, especialmente em ecossistemas de riachos, é o processo de urbanização (Marques; Cunico, 2021). Além disso, o foco principal das atividades humanas decorrentes desse processo leva a modificações hidrológicas, sedimentares e conseqüentemente reduzem a biodiversidade. Considerando os organismos dos ecossistemas de riachos que podem sofrer o reflexo dos processos de urbanização destacam-se os peixes. São altamente diversificados taxonomicamente e filogeneticamente (Villéger *et al.*, 2017). A assembleia de peixes exibe uma grande diversidade de características biológicas permitindo, deste modo, uma significativa contribuição aos processos e serviços ecossistêmicos, como ciclagem de nutrientes dentre outros (Vitule *et al.*, 2017). Assim, foram medidas as variações na assembleia de peixes e condições ambientais de riachos rurais e urbanos nos municípios de Ourinhos-SP e Jacarezinho-PR. Espera-se que em riachos rurais a qualidade ambiental seja melhor e que a assembleia de peixes apresente maior número de espécies.

2 MATERIAL E MÉTODOS

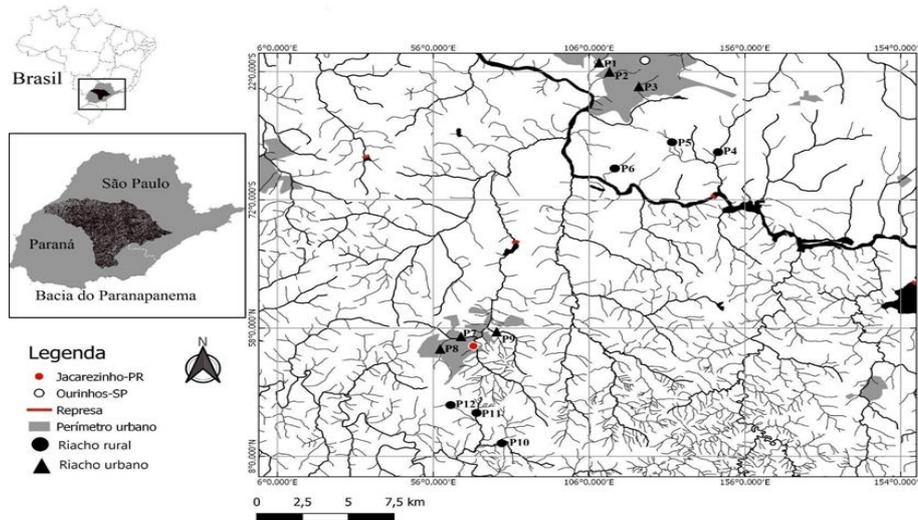
2.1 Área de Estudo

A pesquisa concentrou-se na bacia do Rio Paraná, a segunda maior bacia hidrográfica da América do Sul e a quarta maior do mundo. Essa área inclui toda a drenagem do Rio Paraná a montante do antigo Salto de Sete Queda.

Os parâmetros ambientais e as assembleias de peixes foram amostrados em abril de 2019 em riachos urbanos e rurais da sub-bacia do rio Paranapanema, um dos principais afluentes da bacia do alto rio Paraná, que percorre aproximadamente 930 km desde sua nascente na vertente ocidental da Serra da Paranapiacaba. A bacia do rio Paranapanema se estende por cerca de 109.600 km² e é impactada por 11 usinas hidroelétricas em seu curso. A utilização do solo nessa região é predominantemente voltada para atividades agrícolas, com alguns trechos destinados ao reflorestamento.

A área de estudo específica compreende o Médio Paranapanema. Unidades amostrais foram distribuídas em 12 riachos, seis urbanos e seis rurais, localizados nos municípios de Ourinhos-SP e Jacarezinho-PR (Figura 1).

Figura 1 - Localização dos pontos de amostragem de parâmetros ambientais e de peixes em riachos urbanos (P1, P2, P3, P7, P8 e P9) e rurais (P4, P5, P6, P10, P11 e P12) na bacia do Paranapanema.



Fonte: (Silva, 2021, p. 5).

2.2 Variáveis Ambientais:

As características físicas e hidrológicas amostradas incluíram largura média do canal, profundidades média e máxima, temperatura e velocidade da corrente, realizadas em quatro pontos equidistantes ao longo de um trecho de 50 metros. A composição do substrato em cada trecho foi determinada pela amostragem de nove pontos equidistantes em quatro transectos transversais no trecho de 50 metros, identificando a frequência de ocorrência de cada tipo de substrato, como areia, argila, tronco, folha, raiz, cascalho, rocha, entulho e concreto. As variáveis físicas e químicas da água, como temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$), pH, condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), quantidade de solutos em partes por milhão (PPM) foram medidas nas margens e no centro de quatro transectos transversais aleatórios usando uma sonda multiparâmetros Hanna HI991300, posicionada 20 centímetros abaixo da superfície da água, de acordo com Mendonça *et al.* (2005).

2.3 Amostragem da Ictiofauna

A amostragem dos peixes foi conduzida com a utilização de três equipamentos de captura: rede de arrasto, peneira redonda e peneira retangular. Cada trecho de 50 metros foi amostrado, bloqueado por redes de malha de 3,0 milímetros, com 50 minutos de coleta padronizada durante o período diurno e no sentido montante-jusante. Após a captura, os peixes foram anestesiados em solução de óleo de cravo, sacrificados por imersão em formalina a 10%, e posteriormente preservados em álcool a 70%. A identificação das espécies foi realizada de acordo com Ota *et al.* (2018). Aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais - CEUA (Certificado N^o 09/2018). Autorização do Sisbio Número: 50066-1, Código de verificação: 38416289.

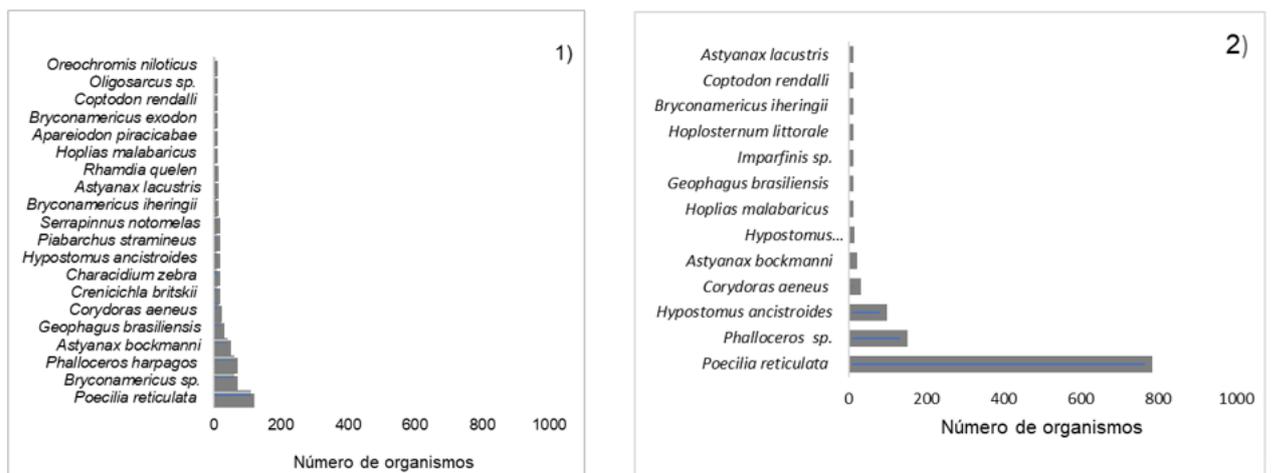
2.5 Análise de dados

Para verificar a relação entre a abundância de peixes e as variáveis ambientais (largura do riacho, profundidade, temperatura, condutividade elétrica e partes por milhão) foi calculado, com o auxílio do programa R (R Core, 2022), o coeficiente de correlação de Pearson. Por fim, visando avaliar os níveis de impactos antrópicos nos riachos selecionados, foi utilizado o Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats modificado por Callisto *et al.* (2002).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram encontradas 24 espécies de peixes pertencentes a dez famílias diferentes nos dois ambientes estudados. Os riachos urbanos apresentaram 13 espécies, enquanto que os rurais apresentaram 18. Além disso, em ambas as áreas de estudo foram registradas as seguintes espécies em comum: *Astyanax bockmanni* (Vari; Castro, 2007), *Astyanax lacustris* (Lütken, 1875), *Bryconamericus iheringii* (Eigenmann, 1915), *Corydoras aeneus* (Gill, 1858), *Geophagus brasiliensis* (Quoy; Gaimard, 1824), *Hypostomus ancistroides* (Iheringii, 1911) e *Poecilia reticulata* (Peters, 1859). Em riachos urbanos as espécies mais prevalentes foram *P. reticulata*, *H. ancistroides* e *A. bockmanni*, respectivamente. Em contraste, nos riachos rurais a abundância predominante foi observada em *P. reticula*, *A. bockmanni* e *Crecichla britskii* (Kullander, 1982) (Figura 2).

Figura 2 - Abundância das espécies mais numerosas registradas nos riachos rurais (1) e urbanos (2). As espécies selecionadas foram aquelas que apresentaram mais de um organismo.



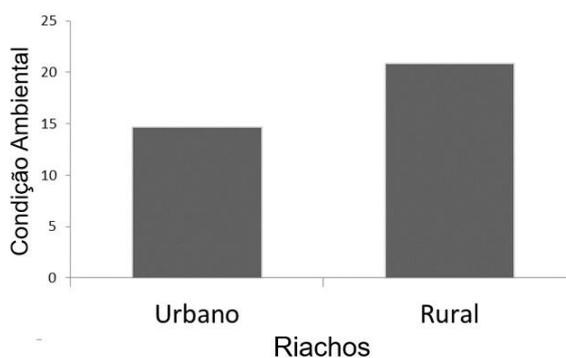
Fonte: Autores (2023).

Em ambientes urbanos é notável a aceleração do estado de degradação nos riachos, atribuída em parte ao tamanho reduzido desses corpos hídricos, tornando-os suscetíveis a variações abruptas em relação a grandes riachos (Johnson; Arunachalam, 2012). A espécie mais abundante

no presente estudo, *Poecilia reticulata*, é uma espécie exótica que vem sendo encontrada recorrentemente em ambientes urbanizados, embora também possa ser encontrada em ambientes rurais (Caetano *et al.*, 2016). Além disso, espécies que possuem um pedúnculo caudal comprimido tendem a ser beneficiadas nesses ambientes. *P. reticulata*, uma espécie introduzida, foi encontrada em elevada abundância, visto que possuem adaptações morfológicas e fisiológicas, como a capacidade de captar oxigênio atmosférico, o que faz com que esta espécie apresente maior tolerância aos ambientes antropizados, sendo uma boa indicadora do efeito do impacto no ecossistema (Taroco *et al.*, 2022). Consequentemente, esta espécie é favorecida em cenários urbanos.

Considerando o protocolo de avaliação rápida ao longo dos riachos estudados foram identificadas condições ambientais mais adequadas nos riachos rurais do que nos urbanos (Figura 3).

Figura 3 – Protocolo de avaliação rápida aplicado nos riachos urbanos e rurais.



Fonte: Autores (2023).

Os valores da correlação de Spearman (r) entre a abundância das espécies de peixes e os valores obtidos das variáveis ambientais estão apresentados na Quadro 1. Em riachos urbanos, apenas condutividade elétrica e turbidez (solutos presentes na água em partes por milhão (PPM) obtiveram valores significativos de correlação, ou seja, quanto maior a condutividade elétrica, maior a quantidade de solutos afetando a transparência da água e menor é a quantidade de peixes presentes no ambiente. Para os riachos rurais não houve fator ambiental que se correlacionou significativamente com a abundância de peixes.

O fato da abundância estar negativamente correlacionada PPM pode estar ligado à remoção total ou parcial da vegetação marginal, conduzindo a um aumento na turbidez da água em função da grande quantidade de material particulado que penetra no canal (Allan, 2004). Os níveis de condutividade elétrica (uS), verificados em riachos urbanos, possivelmente decorrem da poluição

e do descarte de resíduos orgânicos e industriais, o que eleva a concentração de íons presentes nas águas (Allan, 2004). Isso reflete na seleção de espécies generalistas, pois espécies com maior plasticidade fenotípica e de hábitos oportunistas são favorecidas em relação às espécies mais sensíveis às variações na condutividade da água (Felipe; Suárez, 2010).

Quadro 1 - Valores de correlação de Spearman. L= largura; P= profundidade; T= temperatura; CE= condutividade elétrica; PPM= solutos presentes na água em partes por milhão.

	L	P	T	pH	CE	PPM
Abundância em riachos urbanos	r=0,048 p=0,928	r=-0,047 p=0,339	r=0,357 p=0,488	r=-0,668 p=0,147	r=-0,843 p=0,034	r=-0,825 p=0,043
Abundância em riachos rurais	r=-0,770 p=0,07	r=-0,510 p=0,300	r=-0,637 p=0,173	r=0,602 p=0,205	r=0,705 p=0,117	r=0,179 p=0,734

Fonte: Autores (2023).

Phalloceros barbago também pode ser considerada como uma espécie tolerante à degradação ambiental (Caetano *et al.*, 2016), o que justificaria sua relativa alta abundância em ambientes rurais. Já *Bryconamericus iberingii* e *Geophagus brasiliensis*, espécies também tolerantes a ambientes degradados (CAETANO *et al.*, 2016), tiveram abundâncias variadas e foram presentes em todos os locais de coleta. Isso possivelmente ocorreu devido à competição com outras espécies tolerantes à alteração ambiental.

4 CONCLUSÃO

Neste estudo foi possível identificar diferenças nas condições ambientais rurais e urbanas bem como nos táxons registrados, sendo os maiores valores encontrados nos riachos urbanos. Espera-se que os resultados deste estudo tenham implicações práticas no planejamento estratégico de conservação dos riachos rurais, recuperação das áreas dos riachos degradados pela ação antrópica, e também na possibilidade de inclusão de determinados riachos na determinação de riachos prioritários.

Agradecimentos e financiamento

Agradecemos ao Grupo de Estudos e Pesquisa em Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada (GEPRHEA/UENP) e à Universidade Estadual do Norte do Paraná – *Campus* Jacarezinho (UENP-CCHE) pelo apoio estrutural e logístico.

REFERÊNCIAS

- ALLAN, J. D. Landscapes and riverscapes: the influence of land use on stream ecosystems. **Annual Review of Ecology Evolution and Systematics**, v.35, p.257-284, 2004.
- CAETANO, D. L. F.; OLIVEIRA, E. F.; ZAWADZKI, CLAUDIO, H. Fish species indicators of environmental variables of Neotropical streams in southern Brazil, upper Paraná River basin. **Acta Ichthyologica et Piscatoria**, v. 46, n. 2, p. 87-96, 2016.
- CAETANO, D. L. F.; JANÉ, RIBAS, D. Peso-comprimento e fator de condição relativo de *Bryconamericus iberingii* em riachos do Paranapanema. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 11, n. 3, p. 825-841, 2018.
- CALLISTO, M.; FERREIRA, W. R.; MORENO, P.; GOULART, M.; PETRUCIO, M. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 34, p. 91-97, 2002.
- FELIPE, T. R. A; SÚAREZ, Y. R. Caracterização e influência dos fatores ambientais nas assembleias de peixes de riachos em duas microbacias urbanas, Alto Rio Paraná. **Biota Neotropica**, v. 10, pág. 143-151, 2010.
- JOHNSON; ANTONY, J.; ARUNACHALAM, M. Hábito alimentar e divisão de alimentos em uma comunidade de peixes de riacho de Gates Ocidentais, Índia. **Biologia Ambiental dos Peixes**, v. 93, p. 51-60, 2012.
- R Core Team R.A. **Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, 2018.
- MARTINS, F. S.; ANTUNES, S.C. Qualidade ecológica de ecossistemas aquáticos, **Ciência Elem.**, v. 7, n. 2, p. 037, 2019.
- MARTINS, R. T.; DE OLIVEIRA, V. C.; SALCEDO, A. K. M. **Uso de insetos aquáticos na avaliação de impactos antrópicos em ecossistemas aquáticos**, 2014.
- MENDONÇA, F. P.; MAGNUSSON, W. E.; ZUANON, J. Relationships Between Habitat Characteristics and Fish Assemblages in Small Streams of Central Amazonia. **Copeia**, v.20, n.4, p.750-763, 2005.
- MARQUES, P. S.; CUNICO, A. M. Ecologia de peixes em riachos urbanos. **Oecologia Australis**, v. 25, n. 2, p. 604, 2021.
- OTA, R. R.; DEPRÁ, G. C.; GRAÇA, W. J.; PAVANELLI, C. S. Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes: revised, annotated and updated. **Neotropical Ichthyology**, v.16, n.2, 2018.
- SILVA, L. G. M. **Efeitos da urbanização na estrutura ecomorfológica de assembleias de peixes de riachos da bacia do rio Paranapanema, sistema do alto rio Paraná**. Trabalho não publicado. 2021.
- TAROCO, H. A.; LIMA, L. H. F.; REINA, L. D. C. B.; GOUVÊIA, M. A. D. S.; MELO, M. L. O. F.; AUGUSTI, R.; ANGELO, G. L. D. Uso de peixes como indicadores biológicos? O estudo

destes animais para o monitoramento dos recursos hídricos dentro da área das ciências ambientais **OPEN SCIENCE RESEARCH I**, v. 1, n. 1, p. 413-426, 2022.

VILLÉGER, S.; *et al.* Functional ecology of fish: current approaches and future challenges. **Aquatic Sciences**, v. 79, p. 783-801, 2017.

VITULE, J. R.S.; *et al.* Precisamos de uma melhor compreensão sobre a diversidade funcional e a vulnerabilidade dos peixes tropicais de água doce. **Biodiversidade e Conservação**, v. 26, p. 757-762, 2017.

CAPÍTULO 11

USO DE SENSORIAMENTO REMOTO PARA AVALIAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DOS SOLOS DE QUIXERAMOBIM - CE

REMOTE SENSING APPLICATIONS FOR ASSESSING LAND USE AND OCCUPATION IN QUIXERAMOBIM, CEARÁ, BRAZIL

Vanessa Ohana Gomes Moreira   

Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, Ceará, CE, Brasil

Rafael Cipriano da Silva   

Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, Ceará, CE, Brasil

José de Souza Oliveira Filho   

Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, Ceará, CE, Brasil

Rousilene Silva Nascimento Diniz   

Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, Ceará, CE, Brasil

DOI: 10.52832/wed.67.420 



RESUMO

O solo, além de ser o principal substrato para o crescimento da vegetação, promove a recarga hídrica de mananciais e tem importante função no ciclo global do carbono. Porém, é suscetível a processos de degradação devido às atividades antrópicas e ao uso e ocupação inadequados. Esse trabalho objetiva realizar uma análise temporal do uso e ocupação dos solos no município de Quixeramobim – CE. Para tanto, realizou-se avaliação e interpretação de imagens de satélite de pontos georreferenciados escolhidos a partir de dados do Levantamento de Solos do Estado do Ceará realizado no ano de 2009. Os pontos escolhidos são de regiões com a presença de solos das classes dos Argissolos, Luvisolos, Neossolos e Planossolos. As imagens são correspondentes aos anos de 2010 e 2018. A pesquisa sobre a dinâmica das mudanças de uso e cobertura do solo foi satisfatória e permitiu identificar transformações nas paisagens da região. Foi possível constatar redução da vegetação e cobertura do solo, inclusive em áreas de proteção ambiental como nas proximidades de mananciais. Sugere-se a realização de visitas para avaliação de variáveis que não possam ser identificadas por meio da interpretação de imagens, bem com análises de atributos do solo como análises complementares.

Palavras-chave: Fotointerpretação. Geoprocessamento. Semiárido.

ABSTRACT

The soil, besides being the main substrate for vegetation growth, promotes the recharge of water sources, and plays a crucial role in the global carbon cycle. However, it is susceptible to degradation processes due to human activities and inappropriate land use and occupation. This study aims to conduct a temporal analysis of land use and occupation in the municipality of Quixeramobim – CE. To achieve this, an assessment and interpretation of satellite images from georeferenced points were carried out, selected based on data from the Soil Survey of the State of Ceará conducted in 2009. The chosen points are located in areas with soils classified as Argisols, Luvisols, Neosols, and Planosols. The images correspond to the years 2010 and 2018. The research on the dynamics of land use and land cover changes was satisfactory and allowed the identification of transformations in the region's landscapes. A reduction in vegetation and soil cover was observed, even in environmentally protected areas such as near water sources. Visits are suggested to assess variables that cannot be identified through image interpretation, as well as analyses of soil attributes as complementary assessments.

Keywords: Photointerpretation. Geoprocessing. Semiarid.

1 INTRODUÇÃO

A maior região semiárida contínua do mundo está localizada no nordeste do Brasil e ocupa 12,5% do território brasileiro, compreendendo 1.262 municípios. Abriga 27 milhões de pessoas, o que corresponde a 13% da população do Brasil. Esta região possui um dos menores índices de desenvolvimento humano da América do Sul, principalmente devido à escassez e irregularidade das chuvas, o que dificulta o desenvolvimento e a vida da população rural (Vasques *et al.*, 2022)

O aumento da suscetibilidade à perda da dinâmica produtiva dos ecossistemas inseridos nas particularidades climáticas e socioeconômicas dessa região condizem com a maior evidência de

processos de degradação dos solos. Além disso, as ações antrópicas têm gerado grandes impactos nas paisagens da região semiárida através do intenso processo de substituição das áreas naturais por diversos tipos de uso do solo e da fragmentação das áreas com cobertura florestal. O crescente uso das terras, a expansão urbana e de áreas agrícolas aliados à dependência cada vez maior por matérias-primas e à ausência de um prévio planejamento tem desencadeado processos de degradação ambiental.

No Brasil, destaca-se um grande desenvolvimento de estudos envolvendo a avaliação do uso e ocupação das terras, bem como, dos diversos tipos de degradação (Facundo; Frota, 2020; Morais; Cavichioli, 2022). Nesse contexto, as técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento tornaram-se ferramentas úteis e indispensáveis no monitoramento da dinâmica de uso e ocupação das terras, pelo fato de propiciar maior frequência na atualização de dados, agilidade no processamento e viabilidade econômica.

Diante disso, objetivou-se com essa pesquisa analisar o uso e ocupação dos solos e a cobertura vegetal da região do município de Quixeramobim para entender a dinâmica de ocupação e inferir sobre modificações no uso dos solos ao longo do tempo. Para lograr tal objetivo, foi realizada a análise de imagens de satélite referentes a cenários de 2010 e 2018 da área de estudo, isto é, informações espaço-temporais das modificações ocorridas na paisagem ao longo dos anos por meio de fotointerpretação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo avaliada compreende áreas com os perfis de solos da Carta Topográfica de Quixeramobim realizada como parte do Projeto de Levantamento de Média Intensidade dos solos do Estado do Ceará no ano de 2009. Foram selecionados 05 perfis do município de Quixeramobim - CE, distante 212 km de Fortaleza-CE, para avaliação. No Quadro 1, estão descritas as informações dos perfis, como informações de uso e ocupação durante o período do levantamento, a nomenclatura utilizada e a classificação dos solos.

Quadro 1 - Nomenclatura, classificação do solo e uso e ocupação em 2009 de acordo com levantamento realizado.

Nomenclatura	Tipo de solo	Uso e ocupação – 2009
01C	Argissolo Vermelho	Capoeira e capim-elefante
03B	Luvissoilo Crômico	Restolho de milho
02A	Neossoilo Flúvico	Feijão
04A	Neossoilo Litólicos	Capoeira
02B	Planossoilo Háplico	Capoeira

Fonte: Funceme (2009).

Para o desenvolvimento da presente pesquisa foram utilizados os seguintes materiais: a Carta topográfica do município de Quixeramobim elaborada pela SUDENE e os perfis referentes ao Levantamento de Média Intensidade dos Solos elaborado pela Funceme na escala de 1:100.000 do ano de 2009, arquivos shapefiles referentes à área de estudo e pontos georreferenciados dos perfis, além de imagens de satélite. Para a interpretação das imagens, fez-se necessário a utilização dos softwares QGIS *Development Team* (2009) e *Google Earth™* (GE).

Realizou-se a comparação de imagens de localização dos perfis para os períodos de 2010 e 2018, e avaliação de feições que denotam mudança no uso dos solos e da vegetação. Os períodos foram escolhidos devido à disponibilidade das imagens, levando em consideração o primeiro ano logo após o período de realização das avaliações dos perfis e o ano que demonstra a situação mais próxima da atual.

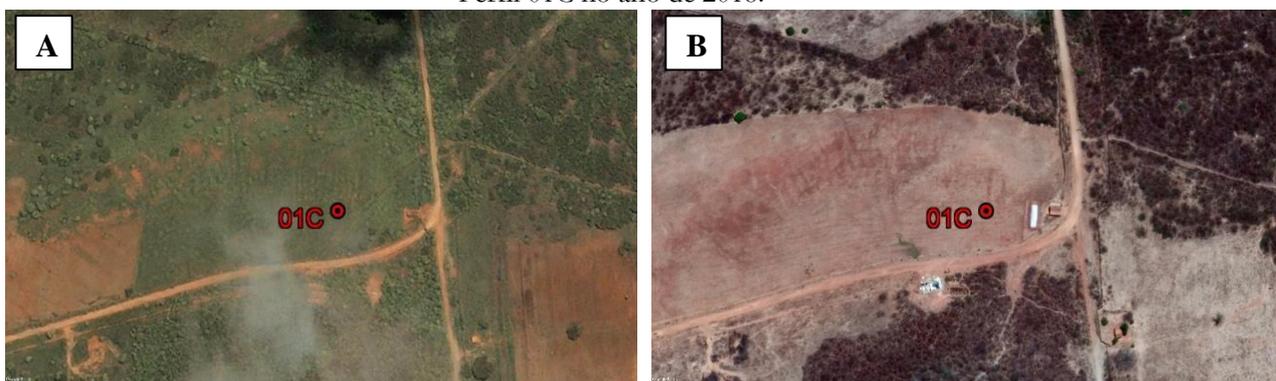
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Argissolo Vermelho

Os perfis classificados como Argissolos foram identificados como áreas agricultáveis ou em processo de recuperação. Pode-se inferir isso, pelas formas geométricas identificadas que representam o uso da terra para agricultura. Essas inferências foram confirmadas pelos dados do levantamento realizado que identificava o Perfil 01C com plantio de capim-elefante.

A partir da análise temporal, percebe-se que não houve restabelecimento da vegetação nativa e a área continua sendo explorada com agricultura ou pastagem. Além disso, é perceptível na imagem a exposição do solo após a colheita ou quando do preparo do solo para os próximos plantios, identificando o uso de uma agricultura tradicional, sem uso de mecanismos conservacionistas que atuam na proteção do solo (Figura 1).

Figura 1 - Imagens da área do perfil classificado como Argissolo: A - Perfil 01C no ano de 2010; B – Perfil 01C no ano de 2018.



Fonte: QGIS (2023).

Segundo Nóbrega *et al.*, (2022), a manutenção de serrapilheira, por exemplo, formada pelos restos da cultura, recobrando o solo contribui para a manutenção da umidade, e, ao longo dos anos, para o aumento do teor de matéria orgânica no solo, conseqüentemente, para a retenção de umidade, muito importante para a conservação dos solos da região Caatinga, que sofrem com o déficit hídrico.

3.2 Luvissole

Nas imagens obtidas da área do perfil classificado como Luvissole é perceptível a ocorrência da sofreu supressão de parte da vegetação nativa. Esse fato pode ser confirmado pelo aumento de áreas descobertas (Figura 2).

Figura 2 - Imagens da área do perfil classificado como Luvissoles: A - Perfil 3B no ano de 2010; B – Perfil 3B no ano de 2018.



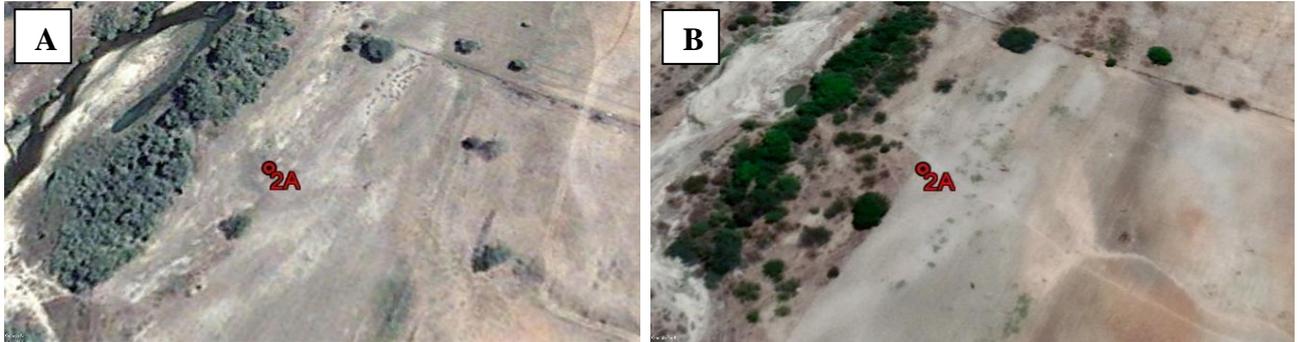
Fonte: QGIS (2023).

Luvissoles são solos que, em geral, apresentam pouca profundidade efetiva e alta fertilidade natural e são de grande ocorrência nas áreas cristalinas sertanejas associadas ao relevo suavemente ondulado (CÂMARA *et al.*, 2015), porém são altamente susceptíveis a erosão hídrica, razão pela qual há necessidade de cuidado no seu uso, por exemplo, com a agropecuária (OLIVEIRA NETO *et al.*, 2016).

3.3 Neossolo Flúvico

Na área do Perfil 2A, classificado como Neossolo Flúvico, é perceptível o raleamento da vegetação, bem como, o surgimento de sulcos provenientes de processo erosivo devido à ação da água sobre as partículas de solo exposto. Além disso, a vegetação próxima ao manancial reduziu (Figura 3).

Figura 3 - Imagens da área do perfil classificado como Neossolo Flúvico: A - Perfil 2A no ano de 2010; B – Perfil 2A no ano de 2018.



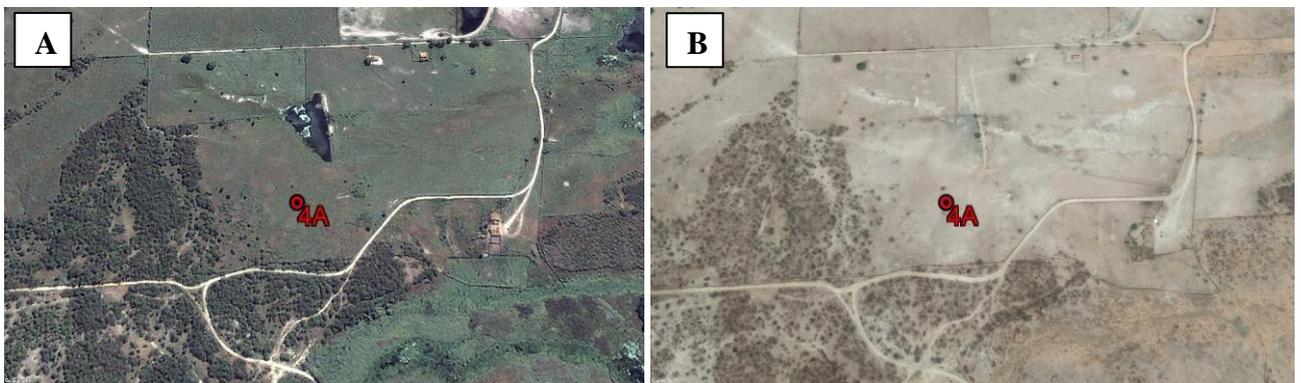
Fonte: QGIS (2023).

Mesquita *et al.* (2016) afirma que as florestas nativas garantem maior equilíbrio do ecossistema quando associadas ao manejo e conservação dos recursos naturais, pois, além da função protetora dos recursos naturais bióticos e/ou abióticos, atua no restabelecimento das condições químicas e físicas do solo, pela influência da serrapilheira, o que evidencia a elevação dos teores de matéria orgânica e melhorias na qualidade física do solo. Nesse sentido, a manutenção das matas ciliares são fundamentais para proteção dos mananciais e, portanto, essencial na sustentabilidade dos ecossistemas.

3.4 Neossolo Litólico

Na área de solo do Perfil 4A, classificado como Neossolos Litólico, percebe-se o mesmo comportamento, isto é, mudança na vegetação, bem como o predomínio de cores mais neutras, inferindo o predomínio de uma vegetação mais seca. Além disso, percebe-se a redução do aporte hídrico de um pequeno manancial na região analisada (Figura 4).

Figura 4 - Imagens da área do perfil classificado como Neossolo Litólico: A - Perfil 4A no ano de 2010; B – Perfil 4A no ano de 2018.



Fonte: QGIS (2023).

Em um estudo para avaliação da erodibilidade de um Neossolo Litólico Distrófico típico, Thoma *et al.*, (2022) verificaram que a cobertura vegetal e a declividade foram os fatores

experimentais mais importantes que afetaram as perdas de solo. Segundos os autores, enquanto nos ensaios com cobertura as perdas na declividade de 5% permaneceram baixas ao longo de todo o procedimento, nos ensaios sem cobertura as perdas aumentaram, destacando a importância da proteção do solo na conservação e qualidade edáfica, especialmente em áreas de Neossolos Litólico, classe altamente suscetível à processos de erosão.

3.5 Planossolo Háplico

Analisando as feições nas imagens da área do perfil de Planossolos, percebe-se o mesmo comportamento das áreas anteriores, isto é, o raleamento da vegetação e maior quantidade de solo exposto no cenário mais atual. Além disso, a estrada foi alargada e teve a pavimentação asfáltica realizada. É possível observar a retirada da vegetação nas proximidades da rodovia (Figura 5).

Figura 5 - Imagens da área do perfil classificado como Planossolo Háplico: Perfil 2B no ano de 2010; D – Perfil 2B no ano de 2018.



Fonte: QGIS (2023).

Esse padrão de ruptura da sustentabilidade merece preocupação constante e monitoramento adequado, principalmente nas épocas mais secas, quando os processos de degradação e desertificação se intensificam na região semiárida, sendo também a agricultura irrigada potencializada pela degradação e pela intensidade de manejos e alto consumo hídrico.

Lins *et al.* (2017), avaliando parâmetros biofísicos no semiárido brasileiro, ressaltam que ao passar de regiões com cobertura vegetal em abundância para área de solo exposto, a temperatura da superfície tem grande elevação, aproximadamente, 4°C de aumento. Dessa forma, é de suma importância estudos voltados para essa região buscando avaliar a situação da cobertura vegetal, de forma a produzir base científica para subsidiar o entendimento dos processos de desmatamento e a definição de políticas públicas e de diretrizes para o uso sustentável do bioma Caatinga.

A classe dos Planossolos, de forma geral, caracteriza-se por possuírem alta saturação por bases, o que lhes confere elevado potencial nutricional, mas com sérias limitações de ordem física

relacionadas principalmente, ao preparo do solo. Em condições de adensamento e contraste textural, estes solos são muito susceptíveis à erosão e degradação.

3.6 Trajetórias identificadas

O Quadro 2 apresenta a trajetória identificada de uso e ocupação dos solos nos locais avaliados com base na avaliação das imagens ao longo dos anos de interesse. Percebe-se mudanças na maior parte dos locais, resultando na exposição do solo aos agentes de degradação.

Quadro 2 - Comparação dos perfis de solo com o uso e ocupação em diferentes épocas.

Nomenclatura	Uso e ocupação - 2009	Uso e ocupação - 2018
01C	Pastagem	Solo exposto
03B	Agricultura	Vegetação secundária
02A	Agricultura	Solo exposto
04A	Vegetação secundária	Solo exposto
02B	Vegetação secundária	Solo exposto

Fonte: Autores (2023).

4 CONCLUSÃO

A pesquisa sobre a dinâmica das mudanças de uso e cobertura do solo foi satisfatória e permitiu identificar transformações nas paisagens da região. Foi possível constatar redução da vegetação e cobertura do solo, inclusive em áreas de proteção ambiental como nas proximidades de mananciais.

Este tipo de levantamento, com base em dados digitais, mostrou ter importância para o planejamento e gestão ambiental local, visto que torna possível a identificação de impactos ao ambiente natural e, conseqüentemente, o aprimoramento de pesquisas que minimizem os transtornos causados pela ocupação desordenada no solo. No entanto, sugere-se visitas aos locais para o monitoramento com acurácia sobre as modificações na paisagem, bem como, a coleta de amostras e análises laboratoriais para verificação quantitativa de parâmetros importantes que indiquem mudanças nos atributos do solo e na sua funcionalidade, complementando de forma mais precisa os resultados dessa pesquisa.

REFERÊNCIAS

CÂMARA, E.R.G.; BRILHANTE, S. A.; SOUSA, M. G. F.; ARAÚJO, FILHO, J. C.; LIMA, J. F. W. F.; SOUSA JÚNIOR, V. S.; **Atributos morfológicos de Luvisolo no Núcleo de Desertificação de Cabrobó no estado de Pernambuco.** In: XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo: Os solos e suas múltiplas funções, 2015.

FACUNDO, A. L.; FROTA, A. F. M.; O processo de desertificação no núcleo de Irauçuba, Ceará: Fatores Ambientais uso e ocupação do Solo. **Caderno Intersaberes**, v. 9, n. 20, 2020.

LINS, F. A. C., SANTOS ARAÚJO, D.C., SILVA, J. L. B., LOPES, P. M. O.; OLIVEIRA, J. D. A.; SILVA, A. T. C. S. G.; Estimativa de parâmetros biofísicos e evapotranspiração real no semiárido pernambucano utilizando sensoriamento remoto. **Revista Irriga**, p. 64-75, 2017.

MESQUITA, E. A.; CRUZ, M. L. B.; PINHEIRO, L.R Ó. Geoprocessamento aplicado ao mapeamento das formas de uso da terra na área de preservação permanente (APP) da lagoa do Uruaú–Beberibe/CE. **Revista Geonorte**, v.3, n.5, p. 1509-1518, 2016.

MORAIS, J. A. T.; CAVICHIOLI, F. A.; Recuperação de Solo com o sistema Agrofloresta. **Interface Tecnológica**, v. 19 n. 2, 2022.

NÓBREGA, C. C.; SILVA, P. L. F.; OLIVEIRA, F. P.; CAMPOS, M. C. C.; SOUSA NETO, A. T.; Funções de pedotransferência para estimar a retenção e a disponibilidade de água em Planossolo Háptico sob sistemas integrados de produção agropecuária no Agreste da Paraíba. **Scientia Plena**, n 18, v. 7, 2022.

OLIVEIRA NETO, M. B.; SANTOS, J. C. P.; MEDEIROS, J. F.; QUEIROZ, A. F.; MARQUES, F. A.; SILVA, M. S. L; **Zoneamento da área do entorno da barragem de Pau dos Ferros – RN**. In: III Reunião Nordestina de Ciência do Solo: Integração e uso do conhecimento para uma agricultura sustentável, 2016.

THOMA, A.C.; TASSINARI, D.; PRAT, B. V.; FERNANDES, J.S. C.; SILVA, A. C.; Erodibilidade de Neossolo Litólico pelo ensaio de Indebitzen modificado e eficiência de blocos de solo-cimento para controle da erosão hídrica. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 27, n. 3, 2022

VASQUES, G. M.; RODRIGUES, H. M; HUBER, E.; TAVARES, S. R. L.; MARQUES, F.A.; SILVA, M. S.; Ground penetrating radar (GPR) models of the regolith and water reservoir of na unferground damin the Brazilian semiarid region. **Journal of Applied Geophysics**, v. 206, 2022.

CAPÍTULO 12

POTENCIALIDADES DO GEOPROCESSAMENTO NO MARANHÃO PARA O PLANEJAMENTO AMBIENTAL E SUSTENTÁVEL, UMA REVISÃO DE ESCOPO

POTENTIALS OF GEOPROCESSING IN MARANHÃO FOR ENVIRONMENTAL
AND SUSTAINABLE PLANNING, A SCOPE REVIEW

Ronaldo Oliveira de Sousa   

Universidade Estadual do Maranhão, Maranhão, MA, Brasil

Wastenice de Sousa Ferreira   

Universidade Estadual do Maranhão, Maranhão, MA, Brasil

Monique Hellen Ribeiro Lima   

Universidade Estadual do Maranhão, Maranhão, MA, Brasil

DOI: 10.52832/wed.67.421 



RESUMO

O geoprocessamento desempenha um papel fundamental no reconhecimento e monitoramento das áreas naturais do estado do Maranhão, promovendo um desenvolvimento sustentável. Uma pesquisa de revisão bibliográfica abordou essa temática, identificando 12 artigos publicados entre 2010 e 2020 que se relacionam com o uso do geoprocessamento na região. Esses estudos, predominantemente focados na capital São Luís, destacam a diversidade ecossistêmica do estado. Os resultados revelam a necessidade de maior atenção por parte dos gestores municipais e ambientais em relação ao uso do geoprocessamento para elaborar diagnósticos precisos da região. Isso permitirá a formulação de diretrizes e projetos de planejamento que atendam às necessidades do estado, garantindo a harmonia entre os aspectos sociais, econômicos e ambientais em sua gestão. O Maranhão possui um vasto potencial que pode ser explorado de maneira sustentável com o auxílio do geoprocessamento como uma ferramenta crucial nesse processo.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Geociências. Meio ambiente.

ABSTRACT

Geoprocessing plays a fundamental role in the recognition and monitoring of natural areas in the state of Maranhão, promoting sustainable development. A literature review research addressed this topic, identifying 12 articles published between 2010 and 2020 that relate to the use of geoprocessing in the region. These studies, predominantly focused on the capital São Luís, highlight the state's ecosystem diversity. The results reveal the need for greater attention on the part of municipal and environmental managers in relation to the use of geoprocessing to prepare accurate diagnoses of the region. This will allow the formulation of guidelines and planning projects that meet the state's needs, ensuring harmony between social, economic and environmental aspects in its management. Maranhão has vast potential that can be explored in a sustainable way with the help of geoprocessing as a crucial tool in this process.

Keywords: Sustainability. Geosciences. Environment.

1 INTRODUÇÃO

O termo geoprocessamento pode ser separado em geo (terra – superfície – espaço) e processamento (de informações – informática) (Piroli, 2010). Deste modo, entende-se que se trata de um ramo das ciências que estuda e utiliza o processamento de informações georreferenciadas a partir do uso de “softwares” e de “hardwares” por profissionais especialistas com a finalidade de manipular, avaliar, e gerar produtos cartográficos.

Nos tempos atuais, a necessidade de reavaliar e aprimorar a forma como a humanidade utiliza os recursos naturais é inquestionável. A exploração descontrolada e o uso irracional desses recursos têm acarretado desequilíbrios ambientais e variações climáticas prejudiciais. Como apontado por Cardoso e Aquino (2013), a falta de gestão e planejamento agrava ainda mais essa situação, permitindo que tais práticas prejudiciais persistam e cresçam.

No cenário particular do Maranhão, estado situado na região Nordeste do Brasil e um dos maiores em extensão territorial, com 332 mil km² (IBGE, 2010), a complexidade da questão ambiental é acentuada pela presença de três diferentes biomas: o Cerrado, a Amazônia e uma pequena porção da Caatinga (Araújo *et al.*, 2016). No entanto, mesmo com essa riqueza de biodiversidade, o Maranhão é o estado da Amazônia Legal que apresenta o menor grau de ocupação do espaço com áreas protegidas, enfrentando altos índices de desmatamento e fragmentação florestal (Araújo *et al.*, 2011). Esse contexto ressalta a urgência de uma gestão ambiental eficaz na região.

Lemos e Silva (2011) destacam que as ações humanas, quando não estão respaldadas por uma gestão adequada e um planejamento ambiental sólido, potencializam os impactos negativos nos ecossistemas maranhenses, resultando em esgotamento e deterioração dos recursos naturais. O planejamento ambiental, como instrumento essencial para garantir o desenvolvimento sustentável, assume um papel crucial nesse contexto. Diante disso, este trabalho se propõe a investigar como o geoprocessamento tem sido utilizado no Maranhão como uma ferramenta valiosa para auxiliar na gestão e planejamento ambiental, visando um desenvolvimento que preserve nossa rica diversidade natural e assegure um futuro sustentável.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

Tiveram como área de estudo o Estado do Maranhão, um Estado do Nordeste do Brasil que possui 331.983 km² e uma população estimada em 6.574.789 pessoas. Contempla uma vasta riqueza ecossistêmica, haja visto que possui três biomas predominantes: Cerrado, Amazônia e Caatinga (IBGE, 2010).

2.2 Desenho de estudo

Trata-se de uma pesquisa de revisão bibliográfica de escopo. De acordo com Cordeiro e Soares (2019) a revisão de escopo tem por finalidade mediar a busca de estudos publicados sobre um determinado tema, ou seja, não se busca como princípio a melhor evidência, mas sim a quantidade e o interesse dos pesquisadores sobre os temas, permitindo assim evidenciar as lacunas nas produções científicas e mapear essas criações, dando base para outras pesquisas e trabalhos futuros.

2.3 Coleta de dados

Fundamentou-se em artigos publicados nas bases de dados e periódicos selecionados, sendo essas a Biblioteca Digital de Periódicos da Universidade Federal do Paraná (UFPR), a *Scientific Electronic Library Online* (SCIELO), o periódico da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), o periódico do portal da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), o periódico da biblioteca do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e o Sistema Integrado de Bibliotecas da Universidade Estadual do Maranhão (SIB-UEMA). Para evitar o viés na pesquisa quanto à escolha dos periódicos e das bases de dados no que se refere a exclusão de artigos que poderiam contribuir com o estudo, mas que não estavam indexados nos supracitados, foram inseridos estudos da “literatura cinza” por buscas livres no Google Acadêmico.

Foram considerados apenas os artigos que se adequaram à questão problema, de acesso gratuito, disponíveis nas línguas portuguesa e inglesa e publicados entre os anos 2010 e 2020, para se ter uma visão mais atual dos estudos. No entanto, foram excluídos os artigos que não tem relação com a temática, artigos de revisão e materiais que não sejam artigos científicos ou que não estivessem disponíveis na íntegra.

Considerando a pergunta de estudo e visando trazer eficiência e qualidade às buscas, foi elaborado as seguintes estratégias de buscas com o uso dos recursos booleanos: *((sustainability OR sustainable development OR environmental management OR Environmental planning) AND (Geoprocessing OR Geographic Information System)) AND (Maranhão); ((sustentabilidade OR desenvolvimento sustentável OR gestão ambiental OR planejamento ambiental) AND (Geoprocessamento OR Sistema de informações geográficas)) AND (Maranhão).*

2.4 Análise dos dados

As informações extraídas foram, caracterização dos estudos, aplicações do geoprocessamento na gestão e planejamento ambiental. Posteriormente foi feita uma análise descritiva e qualitativa de casos da aplicação do geoprocessamento como ferramenta à gestão e planejamento ambiental no Estado do Maranhão com base nas referências levantadas e seguindo dois parâmetros de comparação: desafios do cenário e conquistas das experiências no âmbito nacional.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Uso do Geoprocessamento na temática ambiental no Maranhão

Para compor esta revisão de escopo foram selecionados 12 artigos publicados entre os anos de 2010 a 2020. As buscas não trouxeram resultados para os anos de 2010 a 2014.

No ano de 2015 e 2016 foram publicados apenas um artigo para cada ano nas bases de dados buscadas (Ramos *et al.*, 2015 e Massulo; Castro, 2016). Em 2017 foram dois artigos (Sales *et al.*, 2017 e Moraes *et al.*, 2017). Em 2019, cinco (Silva; Farias Filho, 2019); (Araújo *et al.*, 2019); (Ribeiro, 2019); (Soares *et al.*, 2019); (Pereira *et al.*, 2019). E em 2020, três artigos (Soares *et al.*, 2020); (Costa; Pereira, 2020) e (Castro *et al.*, 2020). Pescador (2005) afirma que o Geoprocessamento está em constante desenvolvimento e que isso possibilita uma maior empregabilidade à medida que o tempo passa, isso justifica a tendência de aumento do número de publicações com uso desta ferramenta.

Quanto aos locais de interesse do estudo, houve uma concentração maior para a capital São Luís, com 33,33% (4 estudos); (Silva; Farias Filho, 2019); (Soares *et al.*, 2019); (Castro *et al.*, 2020) e (Moraes *et al.*, 2017).

Em relação ao objeto de estudo, 33,33% dos artigos tiveram áreas específicas do estado do Maranhão que abrangem além dos limites de cidades, como o trabalho de Massulo e Castro (2016) que relataram sobre os aspectos socioeconômicos relacionados às queimadas em terras indígenas. Araújo *et al.*, (2019) estudaram o clima do cerrado maranhense e Ramos *et al.*, (2015) analisaram as queimadas na Região Sul do Maranhão. Dois estudos (16,88%) tiveram como objeto de estudo os municípios: Magalhães de Almeida (Ribeiro, 2019) e Brejo (Pereira *et al.*, 2019). O restante, (16,88%), investigou sobre a Bacia Hidrográfica do Rio Preto e a Micro Bacia Hidrográfica do Rio Mangu (Costa; Pereira, 2020; Soares *et al.* 2020).

Num país de dimensão continental como o Brasil, com uma grande carência de informações adequadas para a tomada de decisões sobre os problemas urbanos, rurais e ambientais, o Geoprocessamento apresenta um enorme potencial, principalmente se baseado em tecnologias de custo relativamente baixo, em que o conhecimento seja adquirido localmente (Câmara; Medeiros, 1998). Desse modo, o geoprocessamento se faz necessário em estudos nos mais diversos espaços, potencializado inclusive pelo Sensoriamento Remoto que traz maior possibilidades quanto às investigações no território.

De um modo geral, os estudos utilizaram de mapas dispostos em fontes secundárias como o INPE, IBGE e EMBRAPA, bem como os produziram a partir do tratamento de imagens de satélites por meio de *softwares*. Um exemplo é o estudo de Silva e Filho (2019), onde produziram a partir de imagens do satélite Landsat-5, mapas do uso de solo do litoral da cidade de São Luís - MA). De acordo com Santos *et al.* (1981) o sensoriamento remoto constitui-se numa técnica de grande utilidade, pois permite em curto espaço de tempo a obtenção de uma grande quantidade de informações a respeito de registros de uso da terra e a diversidade de recursos naturais nela existentes.

No contexto dos Estudos de Impactos Ambientais (EIA), Bittencourt (2006) enfatiza a importância do controle preventivo de danos ao meio ambiente, destacando a necessidade de evitar ou minimizar prejuízos uma vez que o perigo ambiental seja constatado. A implementação dos EIAs é uma exigência legal para empreendimentos. Oliveira (2003) destaca que o geoprocessamento pode enriquecer abordagens socioambientais, ao unir diversas ciências e técnicas relacionadas ao espaço geográfico.

Meneses e Madeira Netto (2001) ressaltam que o geoprocessamento, quando aplicado a dados ambientais atualizados, torna-se uma ferramenta indispensável no planejamento ambiental, permitindo direcionar diretrizes básicas. Eles também mencionam que as técnicas de geoprocessamento, incluindo a geração de modelos digitais do ambiente, agilizam a representação espacial de elementos naturais e artificiais. Além disso, o uso do geoprocessamento e do sensoriamento remoto é essencial no reconhecimento e monitoramento de áreas com diversidade natural, contribuindo para um desenvolvimento sustentável.

Porém, nota-se uma lacuna nos estudos relacionados à agricultura e pecuária, elementos socioeconômicos com relevância ambiental, que oferecem vastas possibilidades de investigação em diferentes regiões do estado, especialmente em áreas rurais (Andrade *et al.*, 2000).

3.2 Ferramentas empregadas nos estudos

Gerir os elementos naturais do estado do Maranhão é indispensável para preservação da qualidade dos mesmos e de vida dos seres que deles dependem (Santos; Leal, 2013). Para isso, dados georreferenciados, construções de mapas por integração de imagens de satélites, dentre outras técnicas de geoprocessamento, têm auxiliado na avaliação do potencial dos ecossistemas maranhenses, do seu monitoramento, caracterização e identificação da capacidade de suporte dos ambientes. A exemplo: imagens do satélite LandSat TM 5 foram utilizadas e processadas pelo Spring disponibilizado pelo INPE para relacionar a expansão urbana desordenada com problemas ambientais em São Luís -MA (Silva; Farias Filho, 2019).

Imagens do *LandSat* TM 5 também foram usados nas análises da influência antrópica quanto ao uso do solo na microbacia do Rio Magu também processada com o SPRING (Costa; Pereira, 2020). Já a análise da bacia hidrográfica do rio Pimenta utilizou o software Qgis (Castro *et al.*, 2020). As análises das queimadas na região sul do Estado (Ramos *et al.*, 2015) e o levantamento dos aspectos fisiográficos da Bacia Hidrográfica do Rio Preto (Soares *et al.* 2020) foi feita a partir de imagens do satélite *LandSat* 8 com o auxílio dos programas Spring e Qgis. Rosa e Brito (1996) firma que no final da década de 1960 e início de 1970, o Brasil começou utilizar dados obtidos por

satélites americanos, inicialmente os meteorológicos e posteriormente os destinados ao monitoramento dos recursos terrestres, como é o caso do LANDSAT.

Os dados obtidos por esta série de satélites possibilitaram a formação de uma vasta base de dados, os quais serviram de suporte para a elaboração de diversos planos de desenvolvimento. Além dos satélites, é possível obter imagens por aeronaves, as chamadas imagens aéreas. Soares *et al.*, (2019) estudou as sub-bacias hidrográficas presentes em São Luís -MA. Para Candido *et al.* (2015) as imagens aéreas são Imagens de Alta Resolução Espacial de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) importantes para áreas não tão grandes e eficientes para mapas de uso de solo.

O geoprocessamento possui bancos de dados importantes para realização de estudos e que estão à disposição para diversos interesses. Massulo e Castro (2016) ao buscarem as relações das variáveis socioeconômicas com a incidência de queimadas em terras indígenas do maranhão, utilizou informações do Banco de Dados de Queimadas (BDQ), do Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos (IMESC) do IBGE e do INEPE para concluir que são diversos os fatores que influenciam a incidência de focos de queimadas nas Terras Indígenas. Sales *et al.*, (2017) também utilizou informações do Banco de Dados de Queimadas (BDQ) para fazer um levantamento das dez cidades maranhense onde mais houveram focos de queimadas em 2014 e 2015.

Pereira; Costa e Garcês Junior (2019) visando identificar as fragilidades ambientais do município de Brejo, obteve dados do IBEGE, EMBRAPA e ZEEM-MA, utilizou como “*softwares*” o Qgis. Moraes *et al.* (2017) analisando a vulnerabilidade ambiental da APA do Maracanã, também usou dados do ZEEM-MA. O Geoprocessamento pode representar um significativo auxílio em termos de gestão da biodiversidade. Os Sistema Geográfico de Informações (SGI) surgem como ferramentas de grande potencial para as atividades. Envolvendo conservação e manejo ambiental, sobretudo no sentido de analisar de forma integrada e especializada informações de natureza complexa e multidisciplinar como os dados ambientais, bem como tornar mais robusto e eficaz o apoio às decisões, através da geração otimizada de informações sintéticas e/ou analíticas, de forma simultaneamente precisa e de fácil compreensão. A qualidade, a precisão e adequação dos resultados a ser obtido, vão depender do grau de conhecimento da realidade ambiental e de capacitação específica, na temática a ser estudada por parte dos técnicos e usuários de SIG e de sensoriamento remoto (Garay *et al.*, 2001).

4 CONCLUSÃO

Novas tecnologias poderosas, podem desempenhar um papel crítico na sustentação das soluções necessárias para enfrentar nossos desafios sociais mais urgentes como o monitoramento digital e a fiscalização para conservação ambiental.

O Maranhão possui uma grande diversidade ecossistêmica, e é claramente possível e necessário realizar uma gestão ambiental para planejar, ordenar e assegurar o seu potencial junto à qualidade do meio harmonizando as relações e interesses sociais, econômicos e ambientais em torno dessa gestão, apropriando-se do geoprocessamento como ferramenta para uma melhor sustentabilidade. Nota-se que é necessária uma atenção maior à região por parte dos gestores municipais e ambientais, de modo a fazer constantemente diagnósticos precisos da região, para que seja possível traçar diretrizes que atendam às necessidades do Estado e a formulação de projetos de planejamento. O uso de ferramentas do geoprocessamento possibilitará a criação de diagnósticos mais detalhados e eficientes na execução do planejamento do Estado do Maranhão.

Os estudos evidenciaram as diversas possibilidades e aplicações do geoprocessamento bem como seu potencial auxiliador ao levantamento de informações que, por sua vez, são essenciais para gestão ambiental. Entretanto, evidenciam que são poucas os municípios contemplados com estudos, e que temáticas como agricultura, pecuária e biodiversidade local não foram objetos de pesquisa até o momento.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, R. O. B. TACHIZAWA, T. de CARVALHO, A. B. **Gestão Ambiental – Enfoque estratégico aplicado ao desenvolvimento sustentável**. Makron Books. p. 205. São Paulo, 2000.

ARAÚJO, L. S. SILVA, G. B. TORRESAN, F. E. VICTORIA, D. VICENTE, L. E. BOLFE, E. L. MANZATTO, C. **Conservação da Biodiversidade do Estado do Maranhão: Cenário Atual em Dados Geospaciais**. Embrapa. São Paulo, 2016.

BITTENCOURT, M. V. C. **Estudo de impacto ambiental: Controle preventivo e avaliação de riscos ambientais**. DireitoNet, 2006. Disponível em: <https://www.direitonet.com.br/artigos/exibir/2587/Estudo-de-impacto-ambiental> Acesso em 10.12.2021.

CÂMARA, G. MEDEIROS, J. S. **Geoprocessamento para Planejamentos Ambientais**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais- INPE 2ª edição. São Paulo, 1998.

CÂNDIDO, A. K. A. A. SILVA, N. M. S. PARANHOS FILHO, A. C. **Imagens de Alta Resolução Espacial de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) no Planejamento do Uso e Ocupação do Solo**. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ. Rio de Janeiro, 2015.

CARDOSO, J. A. AQUINO, C. M. S. Mapeamento dos conflitos de uso nas áreas de preservação permanente (apps) da microbacia do riacho do roncador. **Revista do Boletim Goiano de Geografia**, v. 33, n. 3, p. 477-492, 2013.

CASTRO, E. J. M. MACEDO, A. O. M. SILVA, A. L. R. TALHARI, T. F. BEZERRA, D. S. BRITO, F. S. **Uso de geotecnologias para gestão de recursos naturais: caso do macrozoneamento ecológico econômico do Maranhão.** **Revista Ceuma Perspectivas**, v. 30, n. 1, 2017.

CASTRO, T. C. S. RODRIGUES, J. D. COSTA, D. S. DINIZ, A. M. C. SILVA, E. R. A. C. Mapeamento das dinâmicas espaço-temporais da cobertura vegetal e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Pimenta (Maranhão - Brasil). **Revista Meio Ambiente**, v. 2, n. 1, p. 34-40, 2020.

CORDEIRO, S. SOARES, S. Revisão de Escopo: **potencialidades para a síntese de metodologia utilizadas em pesquisas primarias qualitativa.** São Paulo, 2019.

COSTA, F. W. D. PEREIRA, P. R. M. O sensoriamento remoto aplicado na análise das transformações do uso e cobertura da terra na microbacia do Rio Magu, Maranhão, Brasil. **OKARA: Geografia em Debate**, v. 14, n. 1, 2020.

GARAY, I. D. B. F. **Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais: avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento.** Editora Vozes, Petrópolis, 2001.

LEMOS, A. L. F. SILVA, J. A. Desmatamento na Amazônia legal: evolução, causas, monitoramento e possibilidades de mitigação através do fundo Amazônia. **FLORAM**. v. 18, n. 1, p. 98-108. 2011.

MASULLO, Y. A. G. CASTRO, C. E. Aspectos socioeconômicos e a incidência de queimadas nas terras indígenas do estado do maranhão. **Revista Geografar**, v. 10, n. 2, p. 112-139. Curitiba, 2016.

MENESES, P. R. MADEIRA NETTO, J. S. **Sensoriamento remoto.** Reflectância dos alvos naturais. Universidade de Brasília. Brasília–DF. Embrapa Cerrados, p. 262, Planaltina–DF, 2001.

MORAES, R. M. MELO, A. C. O. **Sistemas de Suporte à Decisão Espacial e Aplicações.** 2007.

OLIVEIRA, G. F. F. **Caracterização e diagnóstico de impactos ambientais em Natal/RN com apoio de geoprocessamento.** 2003. 207 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

PESCADOR, A. **Implantação do sistema integrado de geoprocessamento na prefeitura municipal de Florianópolis: um estudo de caso.** Centro de Educação Superior – ÚNICA. Florianópolis, 2005.

PIROLI, E. L. **Introdução ao Geoprocessamento.** Unesp/Campus Experimental de Ourinhos, 2010. Planejamento Agroambiental. Agência EMBRAPA de Informação Tecnológica. Disponível em:

https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agricultura_e_meio_ambiente/arvore/CONTA_G01_64_410200710544.html. Acesso em 10.12.2021.

RAMOS, R. C. SANTOS, P. R. PINHEIRO, P. L. CARDOZO, F. S. PEREIRA, G. **Análise das áreas queimadas na região sul do Maranhão no ano de 2013.** In: Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, INPE, 2015.

RIBEIRO, N. R. Planejamento Ambiental, Turismo e Sustentabilidade: o potencial natural da Lagoa do Bacuri, Maranhão-Brasil. **Revista de Geociência no Nordeste**, v. 2., 2019.

ROSA, R. BRITO, J. L. S. **Introdução ao Geoprocessamento:** Sistema de Informações Geográficas. EDUFU, Uberlândia, 1996.

SALES, L. L. N. SILVA, D. D. S. LIMA, E. V. FONSECA, G. T. C. ALMEIDA, G. S. RODRIGUES, J. B. 10 municípios maranhenses mais atingidos por focos de queimadas nos anos de 2014 e 2015. **Revista de Geografia**, v. 36, n. 1., 2017.

SANTOS, L. C. A. LEAL, A. C. Gerenciamento de recursos hídricos no estado do Maranhão – Brasil. **Revista Eletrônica de Geografia**, v.5, n.13, p. 39-65, 2013.

SILVA, J. S. FARIAS FILHO, M. S. Expansão urbana e impactos ambientais na zona costeira norte do município de São Luís (MA). **Biblioteca Virtual de Periódico**, v. 46, n. 1, p. 07-24, 2019.

SOARES, L. S. CASTRO, A. C. L. SILVA, M. H. L. SILVA, R. V. Índice de sustentabilidade de bacias hidrográficas: estudo de caso das sub-bacias do batatã e maracanã, São Luís/MA. **Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas**, n. 11, p. 93-105, 2019.

SOARES, I. G. SANTOS, L. C. A. SZLAFSZTEIN, C. F. Aspectos fisiográficos da bacia hidrográfica do Rio Preto – MA: uma ferramenta para a gestão ambiental. **Revista de Ciências Geográficas**, v. 24, n. 3, p. 1105-1125, 2020.

PESQUISAS EM ECOLOGIA E SUSTENTABILIDADE

VOLUME 1

Home page: www.editorawissen.com.br

E-mail: contato@wisseneditora.com.br

wisseneditora@gmail.com

Instagram: [@wisseneditora](https://www.instagram.com/wisseneditora)

Teresina – PI, 2023

