



SUSTENTABILIDADE MEIO AMBIENTE RESPONSABILIDADE SOCIAL

ARTIGOS SELECIONADOS

**(Organizador)
José Henrique Porto Silveira**



Editora Poisson

VOLUME

4

José Henrique Porto Silveira
(Organizador)

Sustentabilidade, Meio Ambiente e
Responsabilidade Social:
Artigos Selecionados
Volume 4

1ª Edição

Belo Horizonte
Poisson
2024

Editor Chefe: Dr. Darly Fernando Andrade

Conselho Editorial

Dr. Antônio Artur de Souza – Universidade Federal de Minas Gerais

MSc. Davilson Eduardo Andrade

Dra. Elizângela de Jesus Oliveira – Universidade Federal do Amazonas

MSc. Fabiane dos Santos

Dr. José Eduardo Ferreira Lopes – Universidade Federal de Uberlândia

Dr. Otaviano Francisco Neves – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

Dr. Luiz Cláudio de Lima – Universidade FUMEC

Dr. Nelson Ferreira Filho – Faculdades Kennedy

MSc. Valdiney Alves de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S964

Sustentabilidade, Meio Ambiente e
Responsabilidade Social: Artigos
Selecionados - Volume 4/ Organização:
José Henrique Porto Silveira - Belo
Horizonte - MG: Editora Poisson, 2024

Formato: PDF

ISBN: 978-65-5866-431-4

DOI: 10.36229/978-65-5866-431-4

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

1. Meio ambiente 2. Sustentabilidade.
3. Responsabilidade Social I. SILVEIRA, José
Henrique Porto II. Título

CDD-333.72

Sônia Márcia Soares de Moura - CRB 6/1896



O conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença de Atribuição Creative Commons 4.0.

Com ela é permitido compartilhar o livro, devendo ser dado o devido crédito, não podendo ser utilizado para fins comerciais e nem ser alterado.

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

Esse e outros títulos podem ser baixados gratuitamente em www.poisson.com.br

Entre em contato pelo contato@poisson.com.br

SUMÁRIO

Capítulo 1: Você quer ou você precisa?: relatos do projeto de educação ambiental no ambiente escolar..... 07

Thamiris Oliveira Balcone, Gerson Araujo de Medeiros

DOI: 10.36229/978-65-5866-431-4.CAP.01

Capítulo 2: Análise e diagnóstico de patologias encontradas em casarão do Centro Histórico de São Luís..... 16

Jorge Creso Cutrim Demétrio, Eduardo Aurélio Barros Aguiar, Fernando Jorge Cutrim Demétrio, Abda Nathalie Pinho Paulino

DOI: 10.36229/978-65-5866-431-4.CAP.02

Capítulo 3: Tendências e desafios na avaliação de programas de adaptação às mudanças climáticas: uma revisão sistemática PRISMA 27

Willian dos Santos Flores, Madalena Maria Schlindwein, Jonathan Gonçalves da Silva, Roselaine Bonfim de Almeida, Leandro Vinícios Carvalho

DOI: 10.36229/978-65-5866-431-4.CAP.03

Capítulo 4: A utilização de equipamentos de medição de pressão no monitoramento da continuidade do abastecimento de água: uma ferramenta tecnológica para a garantia do acesso ao direito à água: estudo de caso em Varjota – Ceará..... 46

Francisco Edirlan de Sousa Freitas, Aldenor Nunes Freire Neto, Rodrigo Osvald Santos de Sousa, Emerson Santos da Conceição

DOI: 10.36229/978-65-5866-431-4.CAP.04

Capítulo 5: O modelo DPSIR como possibilidade de elucidação do potencial da educação ambiental nas reduções das pressões ambientais da Lagoa da Conceição..... 54

Gabriela Oliveira Valença, Rodrigo de Almeida Mohedano, Paulo Belli Filho

DOI: 10.36229/978-65-5866-431-4.CAP.05

Capítulo 6: Estudo cartográfico do aterro sanitário localizado no município de Estância no estado de Sergipe 67

Leonardo Nascimento Passos, Jaianne Santos Suzarte, Catherine Novacovski

DOI: 10.36229/978-65-5866-431-4.CAP.06

SUMÁRIO

Capítulo 7: Avaliação dos parâmetros termodinâmicos da adsorção de corante orgânico por resíduo de caranguejo (*Ucides cordatus*) 76

Leonardo Nascimento Passos

DOI: 10.36229/978-65-5866-431-4.CAP.07

Capítulo 8: Análise espaço temporal da erosividade na bacia do Rio Montividiu, Sudoeste Goiano (Savana Brasileira) 89

Hevrlí da Silva Carneiro Pilatti, Wellmo dos Santos Alves, Nicolý Girotto Moraes

DOI: 10.36229/978-65-5866-431-4.CAP.08

Capítulo 9: Substâncias promotoras do crescimento vegetal 100

Magna Maria Macedo Nunes Costa

DOI: 10.36229/978-65-5866-431-4.CAP.09

Capítulo 10: Potencialidades dos fungos micorrízicos arbusculares como bioindicador de estabilidade de floresta nativa, cerrado e pastagem no município de Guajará-Mirim/RO 121

Thais Ponhês dos Santos Lemos, Ana Lucy Caproni, Ricardo Luis Louro Berbara, José Rodolfo Dantas de Oliveira Granha

DOI: 10.36229/978-65-5866-431-4.CAP.10

Capítulo 11: Qualidade das sementes de *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. após acondicionamento em sacos de polietileno e sacos kraft em condições ambientais de laboratório 142

Ana Lucy Caproni, Ronaldo de Almeida, Wanderley Rodrigues Bastos, Taise Ferreira Vargas, Marta Regina Silva Pereira, Daniel Giovani da Silva Junior, Maisa Brito, José Rodolfo Dantas de Oliveira Granha

DOI: 10.36229/978-65-5866-431-4.CAP.11

Capítulo 12: Catálogo de estratégias bioclimáticas para o Nordeste brasileiro: sombreamento e ventilação natural 152

Ian Coelho Vieira, Juliana Costa Moraes

DOI: 10.36229/978-65-5866-431-4.CAP.12



SUMÁRIO

Capítulo 13: Reutilização da água de fluídos de corte solúveis para processos de usinagem.....	169
---	-----

Janaina Fracaro de Souza Gonçalves, Júlia Hummel Della Barba

DOI: 10.36229/978-65-5866-431-4.CAP.13

Autores	181
----------------------	-----

Capítulo 1

Você quer ou você precisa?: relatos do projeto de educação ambiental no ambiente escolar

Thamiris Oliveira Balcone

Gerson Araujo de Medeiros

Resumo: A educação ambiental tem se disseminado como instrumento de transformação da visão acerca do meio ambiente e sua interdependência com a sociedade, podendo ser entendida também como um viabilizador do desenvolvimento sustentável. Neste sentido, o projeto “Você Quer ou Você Precisa?”, conduzido por graduandos em Engenharia Ambiental e Engenharia de Controle e Automação do coletivo Rede de Educação Ambiental (REAUSo) da Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de Sorocaba, estado de São Paulo, desenvolveu abordagens de educação ambiental com alunos do sétimo ano do ensino fundamental da Escola Estadual Humberto de Campos, em Sorocaba. Inicialmente, realizou-se um diagnóstico na escola para compreender os seus principais aspectos ambientais, sendo eles a disposição e destinação inadequada de resíduos e o consumo de água e energia elétrica. Como alternativas para diminuição do impacto gerado, propõe-se o investimento em infraestrutura e a conscientização ambiental dos frequentadores da escola. Baseado nesse diagnóstico, as aulas e abordagens de ensino foram desenvolvidas para aproximar as problemáticas ambientais da realidade socioambiental dos alunos e incentivar o seu pensamento crítico, fundamentando discussões sobre o cenário ambiental contemporâneo, suas consequências socioeconômicas e o papel do cidadão no que tange a conservação dos recursos naturais e ecossistemas. A partir do desenvolvimento das discussões, dinâmicas e formulários de fixação de conceitos, constatou-se que os alunos foram capazes de associar as situações do cotidiano com as pautas tratadas. Além disso, os estudantes puderam identificar e propor práticas do cotidiano que se alinham com a sustentabilidade, gerando uma mudança de comportamento dentro e fora da escola a partir da conscientização ambiental. Desta forma, destacou-se a educação ambiental como instrumento essencial para incentivar boas práticas de sustentabilidade e impulsionar mudanças significativas no ambiente escolar.

Palavras-chave: extensão, ensino fundamental, desenvolvimento sustentável, gestão ambiental.

1. INTRODUÇÃO

As preocupações acerca dos problemas ambientais contemporâneos têm sido centradas nas ações do homem sobre a natureza, e na busca de soluções para tais questões é necessária uma transformação de suas abordagens (Cristóvão & Medeiros, 2020). Nesse contexto, a evolução tecnológica, o desenvolvimento econômico, a urbanização e o crescimento populacional tendem a aumentar os impactos ambientais negativos para a sociedade, causados pela geração de resíduos (Cristóvão et al., 2022, Benone et al., 2022), uso dos recursos hídricos (Machado et al., 2018, Medeiros et al., 2017), e antropização da paisagem (Marques et al., 2020, De Carli et al., 2018).

Portanto, o enfrentamento da problemática ambiental emerge desafios para a sociedade contemporânea e exige uma miríade de ações e iniciativas interrelacionadas e articuladas, demonstrando a complexidade dessa questão. Nesse viés, a educação ambiental é parte de um processo no qual se constroem valores voltados para a conservação do meio ambiente, contribuindo para a mitigação da crise ambiental (Dutra et al., 2019). Por meio da educação, aporta-se a visão sintetizadora necessária para compreender e interpretar a interação natureza-sociedade, a partir da relação escola-comunidade (Cristóvão & Medeiros, 2020).

O termo educação ambiental surgiu pela primeira vez em 1965 durante a Conferência em Educação, na Alemanha. A consideração da dimensão ambiental na educação começou a ser correntemente discutida após a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, de 1972, em Estocolmo, Suécia. Começou-se a pensar mais sobre a difusão da consciência ambiental entre os cidadãos e nada melhor do que começar no ambiente escolar (Dutra et al., 2019). A temática ambiental tem se mostrado necessária para a formação humana, se apresentando e disseminando na educação tradicional e servindo como uma ferramenta de enfrentamento da crise ambiental (Panzo, 2018). Entretanto, para que a educação ambiental tenha êxito e para que seus aspectos positivos se destaquem, é necessária uma transformação no planejamento, sobretudo escolar (Uyanik, 2016).

A dimensão ambiental nos processos educacionais envolve integração sistêmica a partir de uma perspectiva de ligação Meio Ambiente-Desenvolvimento-Escola-Comunidade. Nessa ligação, assume importância a contextualização dos principais cenários onde essas relações ocorrem, ao determinar objetos, processos e fenômenos da realidade. Tal contextualização torna possível aprender conceitos relacionados com problemas ambientais para esclarecer, entender e chegar a conclusões sobre a concepção sistêmica do ambiente, explicando as causas, as consequências e alternativas (Panzo et al., 2018)

Aprendizagem significativa na Educação Ambiental requer a realização de um diagnóstico abrangente, a partir do qual as atividades são projetadas para avaliar a atitude ambiental do sujeito ao Meio Ambiente. Segundo García (1999), as atividades de aprendizagem voltadas ao estudante devem: permitir uma reflexão e estabelecer relações entre conceitos; estruturar atividades projetadas para atender a um objetivo prioritário, permitindo ao mesmo saber, pensar, sentir, experimentar, fazer e descobrir novos conceitos; promover a sua participação; desenvolver o seu espírito crítico e propor modos positivos de ação.

Neste cenário, surge o projeto de extensão “Você Quer ou Você Precisa?”, desenvolvido pelo coletivo estudantil Rede de Educação Ambiental Unesp Sorocaba (REAUSO). Este projeto visa disseminar a educação ambiental em escolas públicas da cidade de Sorocaba,

estado de São Paulo, desde o ensino fundamental, contribuindo para a formação de indivíduos ambientalmente conscientes e multiplicadores de conhecimento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. ESTRUTURAÇÃO DO PROJETO

O projeto foi concebido na abrangência do coletivo estudantil Rede de Educação Ambiental Unesp Sorocaba (REAUso), formado por alunos do curso superior de Engenharia Ambiental e de Engenharia de Controle e Automação, do Instituto de Ciência e Tecnologia, da Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de Sorocaba.

A primeira etapa do projeto se estabeleceu com reuniões entre os membros do REAUso e a professora Kelly Lencione, facilitadora da Escola Estadual Humberto de Campos (EEHC), na cidade de Sorocaba, estado de São Paulo, local em que foram desenvolvidas as atividades de educação ambiental. A EEHC possui cerca de 900 alunos distribuídos nos anos finais do ensino fundamental e ensino médio. Aproximadamente 35% dos alunos estão na faixa de 11 a 14 anos, enquanto 52% têm idade variando de 15 a 17 anos, e 13% acima dos 18 anos.

Uma visita à escola permitiu elaborar o diagnóstico dos ambientes, buscando identificar uma conexão entre os temas tratados e a realidade dos alunos, de maneira a aproximá-los das problemáticas ambientais e instigar a participação das crianças na construção das discussões, conforme abordagem descrita por García (1999).

Reuniões mensais permitiram aos participantes do projeto discutirem a metodologia das aulas a serem ministradas e atividades aplicadas, como o estabelecimento de dinâmicas, formato da apresentação dos conteúdos, atividades dialógicas, e elementos de infraestrutura necessários.

A partir dos objetivos do projeto, definiu-se um cronograma de aulas que foi posteriormente adequado a partir de orientações e sugestões da professora facilitadora da EEHC, para aprimorar o seu desenvolvimento. Após a realização de cada aula, discussões foram promovidas entre os membros do projeto sobre os aspectos bem-sucedidos e aqueles que necessitavam de melhorias, além da definição de planos de ação para tornar a próxima atividade pedagógica mais efetiva. Tais planos consistiam em delegar tarefas designadas aos membros do projeto e relacionadas à pesquisa e elaboração de material de apoio, confecção de slides, formulários e demais materiais necessários para as dinâmicas. A forma de avaliação dos resultados das ações planejadas consistiu na análise do material produzido durante as dinâmicas, como a elaboração de desenhos pelos alunos, e aplicação de questionários.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. DIAGNÓSTICO DOS ASPECTOS E POTENCIAIS IMPACTOS AMBIENTAIS

O projeto “Você Quer ou Você Precisa?” tem sido desenvolvido na Escola Estadual Humberto de Campos desde 2022. No primeiro ano de parceria, os alunos do coletivo REAUso relataram que a escola apresentava iniciativas de gestão descentralizada dos resíduos sólidos, como a implantação de composteiras nos seus espaços verdes, envolvendo seus estudantes na manutenção e operação (projeto descontinuado durante 2023), lixeiras para a separação de recicláveis secos etc.

No entanto, durante o diagnóstico realizado no primeiro semestre de 2023, contactou-se três aspectos ambientais de maior relevância quanto ao potencial impacto ambiental negativo. O primeiro aspecto foi relacionado à gestão da energia elétrica, pois nenhum ambiente da escola dispunha de sensores de presença para ativar as lâmpadas. Tampouco se observou qualquer placa informativa orientando para o desligamento das lâmpadas, quando o ambiente não era utilizado. Como reflexo, observou-se que a maior parte das salas estava com as luzes acesas e ventiladores ligados, mesmo durante o dia e sem a presença de pessoas no ambiente. Em algumas salas não foi observado qualquer interruptor, o que levava ao funcionamento contínuo das lâmpadas, gerando um maior consumo de energia.

O segundo aspecto foi relacionado à gestão do consumo de água, pois nos banheiros e áreas externas não havia peças hidráulicas com sistema automático por pressão, o que culminava em constante gotejamento das torneiras.

O terceiro aspecto correspondeu à gestão dos resíduos sólidos. Na escola havia quatro conjuntos de lixeiras para a separação dos resíduos gerados. Em três deles era possível separar os seguintes resíduos secos: papel, plástico e metal. O quarto conjunto também oferecia a possibilidade de separar o vidro. Todavia, os resíduos separados eram destinados ao aterro sanitário, apesar de haver uma central de reciclagem ao lado da escola, pertencente à Cooperativa de Reciclagem em Sorocaba (Coopereso). Lixeiras isoladas foram observadas nos corredores, pátio e área do refeitório. Contudo, observou-se resíduos descartados nas áreas de jardim, especialmente aquelas no entorno das salas de aula, como papéis, embalagens plásticas e até mesmo vidro.

A escola, enquanto instituição, não possuía uma política ambiental formalizada ou projetos que visassem uma diminuição de seus impactos diretos. A partir das informações coletadas, os membros do projeto elaboraram o cronograma de aulas que buscasse enfatizar o cenário encontrado na escola e pudesse direcionar os alunos a melhores práticas, de forma a mitigar os potenciais impactos ambientais da instituição, e demonstrar as consequências de atitudes do cotidiano nos meios biótico, físico e antrópico.

3.2. ATIVIDADES DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL DESENVOLVIDAS NO AMBIENTE ESCOLAR

Na Tabela 1 é possível visualizar o cronograma de aulas, sua descrição e as atividades desenvolvidas durante o projeto “Você quer ou você precisa?”.

Na primeira aula (22 de agosto de 2023), os membros do coletivo REAUso constataram uma expressiva curiosidade dos alunos do ensino fundamental pelo projeto. Cada aluno relatou informações relacionadas ao seu nome, esportes e cantores favoritos, e animais que se identificam. Tal abordagem permitiu uma aproximação de todos os envolvidos e uma confiabilidade e conforto dos alunos da EEHC para expor suas opiniões e vivências sobre as problemáticas ambientais levantadas. Os conceitos tratados nessa primeira aula, apesar de novos para eles, foram discutidos e as dúvidas sanadas. Por meio dos desenhos, observou-se que os estudantes foram capazes de identificar diferentes atitudes que levam à poluição aquática, do solo e do ar, como pode ser visualizado na Figura 1.

A segunda aula foi ministrada em dois dias distintos (26 de setembro e 10 de outubro de 2023) e abordou os impactos da geração dos resíduos sólidos. No primeiro dia realizou-se uma aula expositiva e, ao final, aplicou-se um questionário de 10 perguntas para 24

alunos sobre os temas abordados. Os resultados dessa avaliação apontaram que cerca de 71% dos participantes (17 alunos) acertaram acima de 70% das questões.

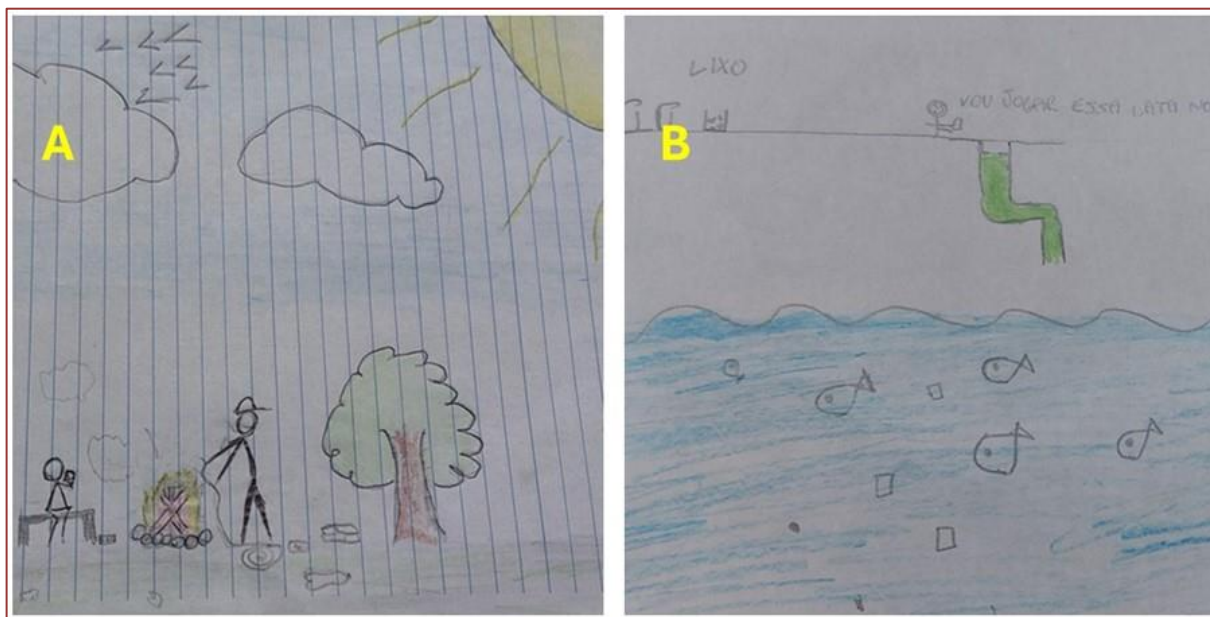
As perguntas discutiam sobre a importância do meio ambiente e quem faz parte dele; ações humanas que geram impacto negativo; forma de separação dos resíduos e responsabilidade quanto à reciclagem e diminuição de geração. Destaque deve ser dado à pergunta 4, sobre o que pode ser feito para reduzir a quantidade de resíduos gerados ao longo do ano. Todos os 24 alunos selecionaram a alternativa correta, relacionada à abordagem 5R's (Repensar, Recusar, Reduzir, Reutilizar, Reciclar). Tal resultado demonstrou o entendimento coletivo sobre os princípios da gestão sustentável dos resíduos sólidos domésticos.

No segundo dia dessa aula (10 de outubro de 2023), a dinâmica de separação de recicláveis instigou a participação dos alunos por meio da competitividade saudável entre as equipes.

Tabela 1. Atividades relacionadas à educação ambiental e realizadas na Escola Estadual Humberto de Campos, em Sorocaba, estado de São Paulo, no ano de 2023

Atividade	Objetivo	Metodologia	Data
Diagnóstico da escola.	Analisar e identificar os aspectos ambientais da escola e seus potenciais impactos, identificando como estes poderiam ser evitados ou reduzidos.	Visita dos membros à escola, acompanhada da professora facilitadora. Por meio de um roteiro desenvolvido previamente em conjunto com a professora da escola, os membros observaram salas de aula, banheiros, área externa e demais ambientes, avaliando a gestão de resíduos, limpeza, uso da água e energia. Levantou-se informações sobre a política ambiental.	28 de junho
Primeira aula	Apresentar o REAUSo, os objetivos do projeto; conceitos de meio ambiente; importância da sua conservação	Aula expositiva com discussão sobre os temas abordados. Os membros e alunos se apresentaram e informaram: nome, idade, esporte favorito, cantor preferido e qual animal mais se identifica. Ao fim da aula, os alunos fizeram um desenho sobre os impactos ambientais negativos causados pelos seres humanos	22 de agosto
Segunda aula	Discutir o conceito de impacto ambiental, tendo como objeto de análise a geração e disposição de resíduos, contextualizando ao cenário atual da escola. Apresentar as possibilidades de gestão sustentável dos resíduos domésticos.	Primeiro dia: aula expositiva sobre o papel de cada cidadão na destinação correta de resíduos. Ao final, aplicou-se um questionário por meio da plataforma Formulários Google. Segundo dia: realizou-se uma gincana com os alunos. Nessa gincana elaborou-se dinâmicas nas quais os alunos deveriam selecionar a alternativa de gestão mais adequada para um resíduo sólido doméstico específico. Após a conclusão da gincana uma discussão era desenvolvida com base nos resultados observados das respostas dos alunos	26 de setembro e 10 de outubro
Terceira aula.	Conscientizar sobre o uso responsável de água e energia elétrica	Aula expositiva e atividade dialógica sobre os temas abordados, com posterior aplicação de questionário. Apresentação de uma dinâmica para se avaliar a proporção de água doce disponível para o consumo humano em relação à disponibilidade global de água.	7 de novembro
Quarta aula.	Revisar os conceitos e enfatizar a responsabilidade na conservação do meio ambiente.	Aplicou-se a metodologia nomeada stop ambiental.	05 de dezembro

Figura 1. Representação dos impactos ambientais pela disposição incorreta de resíduos sólidos: A) poluição do solo e atmosférica; B) poluição aquática



Nesse dia os alunos foram divididos em grupos. O primeiro aluno de cada grupo deveria se dirigir a uma caixa com figuras impressas de diferentes tipos de resíduos sólidos domésticos. O aluno retirava uma figura e a depositava em outra caixa, dentre 6 disponíveis, correspondendo à melhor alternativa de destinação daquele resíduo selecionado. O processo se reiniciava com a participação do próximo aluno daquele grupo. Ao fim de cada rodada foram contabilizados os acertos dos times. Durante a contagem dos acertos, os alunos questionavam o motivo de algum resíduo ser adequado ou não para a alternativa de destinação, o que resultou em discussões ricas e esclarecimento de dúvidas relacionadas à separação de resíduos na escola, nas residências e outros ambientes que frequentam.

A terceira aula, realizada em 7 de novembro de 2023, contou com 11 alunos presentes. Nela, os membros do projeto buscaram instigar a curiosidade e a assimilação de conceitos já aprendidos e introduzir a discussão sobre a questão da água. Para esse fim, desenvolveu-se uma dinâmica para se entender a ordem de grandeza envolvendo a disponibilidade global de água doce. Uma garrafa pet de 1,5 L representava a quantidade total de água no planeta. Separou-se parte desse conteúdo em um copo de 100 mL, o qual representou a proporção de água doce em relação à água salgada. Desse total, o volume necessário para preencher a tampa da garrafa pet correspondeu à proporção de água doce disponível para o consumo humano, permitindo uma reflexão de conceitos como a ordem de grandeza e a limitação hídrica global. Atividades dialógicas permitiram que os alunos associassem experiências vivenciadas e contextualizassem conhecimentos adquiridos nas disciplinas escolares, e que antes passavam despercebidas.

Um questionário de fixação, composto por cinco perguntas de múltipla escolha e uma discursiva, foi aplicado ao final da aula. O número de acertos nas questões alternativas, e as respostas redigidas na pergunta discursiva, demonstrou que os alunos associaram satisfatoriamente a importância do uso racional de água e energia elétrica, além do papel da sociedade na conservação dos recursos naturais. A pergunta discursiva questionava

sobre qual a importância de se preservar e economizar a água e energia. Algumas das respostas dos alunos de ensino médio foram selecionadas e apresentadas a seguir:

- *Porque pode acabar;*

- *Para se ter água e energia;*

- *A economia de água e energia é essencial para preservar o meio ambiente. Além disso, a falta desses recursos essenciais pode prejudicar grande parte das atividades humanas. Use somente o necessário, consumindo energia e água de uma maneira consciente;*

- *Principalmente para a sobrevivência humana;*

- *É essencial para preservar o meio ambiente e também pode prejudicar grande parte das atividades humanas.*

Na aula de encerramento do projeto, em 5 de dezembro de 2023, os alunos puderam demonstrar o que haviam assimilado ao longo das atividades desenvolvidas. Na avaliação desse aprendizado desenvolveu-se uma dinâmica nomeada “stop ambiental”. Durante as rodadas, que tiveram como tema “o que é meio ambiente” e “como cuidamos do meio ambiente”, levantaram-se questões de atitudes sustentáveis, consequências do impacto ambiental que a sociedade causa e a responsabilidade de cada cidadão. Novamente, observou-se que a competição saudável incentivava os alunos a elaborarem suas opiniões e visão sobre o meio ambiente. Ao final, uma atividade dialógica permitiu que os alunos verbalizassem as mudanças de comportamentos frente ao entendimento dos impactos ambientais gerados pelas suas atividades do cotidiano, destacando-se o uso mais frequente das lixeiras de separação dos resíduos recicláveis e não recicláveis, a redução no desperdício de água e energia elétrica e a replicação dos aprendizados para os familiares.

Os resultados do diagnóstico na EEHC permitiram recomendações de ações para reduzir sua pegada ambiental. Na gestão dos resíduos sólidos úmidos recomendou-se a reativação e aprimoramento das composteiras. Outras abordagens de gestão de resíduos úmidos têm sido desenvolvidas e aplicadas no ambiente escolar para fins de disseminação de conceitos de sustentabilidade, como o biodigestor (Medeiros et al., 2020). O aprimoramento da gestão dos resíduos sólidos secos inclui a implementação de conjuntos de lixeiras recicláveis agregando outros resíduos, como o vidro, e a sua separação e destinação para a Cooperativa de reciclagem. Na gestão de energia recomendou-se a implementação de painéis solares e mudanças na rede elétrica. A gestão da água pode ser melhorada pela mudança das torneiras por outras com controle de vazão.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto “Você Quer ou Você Precisa?” foi implementado pelo segundo ano consecutivo na Escola Estadual Humberto de Campos, em Sorocaba, estado de São Paulo. Em 2023, no entanto, esforços foram direcionados para a identificação e redução dos potenciais impactos gerados pela instituição. O diagnóstico realizado permitiu identificar os principais aspectos ambientais: a destinação e disposição de resíduos, o consumo de água e energia elétrica. As recomendações envolveram desde o investimento em melhorias de infraestrutura, até a construção de uma conscientização ambiental, envolvendo alunos e colaboradores EEHC. Nesse contexto, a educação ambiental se insere como um instrumento de mudança de comportamento.

As aulas e dinâmicas foram desenvolvidas e direcionadas para tratar as problemáticas ambientais (poluição aquática, atmosférica, do solo e mudanças climáticas) também do ponto de vista da responsabilidade dos cidadãos. Para esse fim, as aulas foram conduzidas para abordar o impacto das atitudes cotidianas na conservação dos recursos naturais e, por consequência, na sustentabilidade ambiental, social e econômica.

Por meio das atividades dialógicas em sala de aula, dos questionários aplicados e desenhos confeccionados, constatou-se um aproveitamento satisfatório dos alunos do ensino fundamental. Estes demonstraram assimilar o entendimento de como os problemas contemporâneos (enchentes, ondas de calor, extinção de espécies etc.) são reflexos do modelo de consumo e degradação dos recursos naturais. Além disso, os estudantes demonstraram capacidade de identificar, aplicar e repassar atitudes e aprendizados sustentáveis, em consonância com os objetivos de conscientizar e incentivar ações ambientalmente corretas, bem como de capacitá-los enquanto agentes da multiplicação de conhecimentos.

Assim, considerando a análise do cenário da escola e a condução das aulas, conclui-se que os objetivos estabelecidos foram trabalhados e desenvolvidos, resultando em estudantes que compreendem como as ações isoladas refletem na sociedade como um todo. Por sua vez, isso evidencia a importância do investimento em infraestrutura e o desenvolvimento de projetos como o “Você Quer ou Você Precisa”, e a disseminação da educação ambiental.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos alunos do coletivo REAUso da Unesp, Campus de Sorocaba, que participaram do projeto “Você quer ou Você Precisa?”: Ana Vitoria Queiroga, Carlos Eduardo Diniz Filho, Isabel Leoni Furquim de Andrade, Kelly Cristina de Jesus Silva, Larissa Aparecida Rodolfo Duraes, Laura de Freitas Mian, Lucas Silva Okubo, Luiza Silva Almeida, Maria Eduarda Pierami, Pedro Zanrré Magalhães, Thamiris Oliveira Balcone, Victor Kenji Tominaga.

REFERÊNCIAS

- [1] Cristóvão, G.S.F.; Medeiros, G.A.; Mancini, S.D.; Pessela, J.D. Index for the assessment of municipal solid waste management in Angola: a case study in Kuito, Bié Province. **African Geographical Review**, v.41, n.4, p.545-557, 2022. <https://doi.org/10.1080/19376812.2021.1974902>
- [2] Cristóvão, G.S.F.; Medeiros, G.A. Gestão de resíduos sólidos: Diretrizes de extensão universitária para a comunidade do Entorno da Escola Superior Pedagógica do Bié, em Angola. In: Editora Poisson. (Org.). **Gestão de resíduos sólidos**. Volume 1. Belo Horizonte: Editora Poisson, 2020, p. 44-52. <https://doi.org/10.36229/978-85-7042-219-4.CAP.08>
- [3] De-Carli, B.P.; Souza, J.C.; Sousa, J.A.F.; Shoegima, T.F.; Barreiro, M.P.R.; Dutra, A.C.; Medeiros, G.A.; Ribeiro, A.I.; Bressane, A. Relationship between land use and water quality in a subtropical river basin. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 7, p. 245-261, 2018. <https://doi.org/10.21664/2238-8869.2018v7i3.p245-261>
- [4] Dutra, A.C.; Medeiros, G.A.; Gianelli, B.F. Avaliação do ciclo de vida como uma ferramenta de análise de impactos ambientais e conceito aplicados em programas educativos. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 51, p. 15-27, 2019. <https://doi.org/10.5327/Z2176-947820190399>
- [5] García, R. M. Una propuesta para el mejoramiento de la introducción de la dimensión ambiental por vía curricular en S.B. **Tesis de Maestría**. ICCP. La Habana, 1999.
- [6] Machado, F.H.; Gontijo, E.S.J.; Beghelli, F.G.S.; Fengler, F.H.; Medeiros, G.A.; Peche Filho, A.; Moraes, J.F.L.; Longo, R.M.; Ribeiro, A.I. Environmental impacts of inter-basin water transfer on water quality in the

Jundiaí-Mirim river, South-East Brazil. **International Journal of Environmental Impacts: Management, Mitigation and Recovery**, v. 1, p. 80-91, 2018. <https://doi.org/10.2495/EI-V1-N1-80-91>

[7] Marques, B.V.; Peche Filho, A.; Medeiros, G. A.; Fernandes, B.V.R.; Ligoski, G.R. Índice de desempenho tecnológico: uma ferramenta para o planejamento e gestão de propriedades rurais no cerrado brasileiro. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v.3, n.1, p.9-22, 2020.

[8] Medeiros, G.A.; Paes, M.X.; Amâncio, D.T.; Caetano, M.M.M.; Diniz, I.S.; Mancini, S.D. Biodigestor: uma tecnologia para a gestão de resíduos sólidos integrada com a educação ambiental e extensão universitária. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, p.10741-10754, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n3-083>

[9] Medeiros, G.A.; Tresmondi, A.C.C.L.; Queiroz, B.P.V.; Fengler, F.H.; Rosa, A.H.; Fialho, J.M.; Lopes, R.S.; Negro, C.V.; Santos, L.F.; Ribeiro, A.I. Water quality, pollutant loads, and multivariate analysis of the effects of sewage discharges into urban streams of Southeast Brazil. **Energy, Ecology and Environment**, v. 2, p. 259-276, 2017. <https://doi.org/10.1007/s40974-017-0062-y>

[10] Oliveira, B.O.S.; Medeiros, G.A.; Mancini, S.D.; Paes, M.X.; Gianelli, B.F. Eco-efficiency transition applied to municipal solid waste management in the Amazon. **Journal of Cleaner Production**, v. 372, p. 133807, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133807>

[11] Panzo, J.B.I. **Extensão Universitária em Angola, Tendencias, Acções e Projecções**. Luanda, Angola: Editora Mayamba. 2018.

[12] Uyanik, G. Effect of environmental education based on transformational learning theory on perceptions towards environmental problems and permanency of learning. **International Electronic Journal of Environmental Education**, v. 6, n. 2, p. 126-140, 2016.

Capítulo 2

Análise e diagnóstico de patologias encontradas em casarão do Centro Histórico de São Luís

Jorge Creso Cutrim Demétrio

Eduardo Aurélio Barros Aguiar

Fernando Jorge Cutrim Demétrio

Abda Nathalie Pinho Paulino

Resumo: Os casarões históricos não estão isentos de sofrerem o processo de deterioração e aparecimento de manifestações patológicas, visto que a ausência de uma manutenção adequada, combinada com a utilização contínua desses edifícios, contribui para o surgimento de manifestações patológicas. Estas patologias são desde danos estruturais até problemas estéticos, comprometendo tanto a integridade física quanto os aspectos históricos dessas construções.

O presente trabalho descreve as principais manifestações patológicas que foram coletadas em vistoria de um prédio localizado no Centro Histórico de São Luís do Maranhão onde hoje funciona instituição de ensino. São apresentadas as anomalias encontradas, classificadas através da matriz GUT (gravidade, urgência e tendência), sendo traçado as prováveis causas e possíveis ações corretivas para sanar parcialmente ou definitivamente as patologias.

Os resultados do trabalho, baseados no grau de risco das manifestações patológicas, revelaram que 29% das ocorrências foram classificadas como críticas, exigindo intervenção imediata devido ao risco elevado para a estrutura e segurança dos usuários. O estudo de caso apresentou 76% das manifestações patológicas como falha, resultado da utilização inadequada dos elementos construtivos, além de uma manutenção insuficiente que permite a deterioração progressiva das estruturas, causando as patologias.

Com o diagnóstico é possível agir para preservar a memória e a identidade de uma sociedade, garantindo que esses prédios preciosos do passado continuem a contar a história e passar cultura do nosso povo para as gerações vindouras.

Palavras-chave: Patologias, Vistoria, Patrimônio Histórico, Matriz GUT.

1. INTRODUÇÃO

Os casarões contam a história e tradição de um povo em período anterior. Segundo o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), os casarões são conjuntos homogêneos remanescentes dos séculos XVIII e XIX. Sendo os mais representativos exemplares da arquitetura de São Luís desde a segunda metade do século XIX, contendo sobrados de fachadas revestidas em azulejos portugueses no qual estão entre os aspectos mais peculiares da expressão civil maranhense. Em 1974, o Centro Histórico de São Luís do Maranhão foi tombado pelo IPHAN (Instituto de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional), sendo inscrita como Patrimônio Cultural da Humanidade pela UNESCO, em 1997.

Foram feitos projetos de revitalização do centro da cidade com o objetivo de unir cultura, modernidade e globalização. Com isso, alguns casarões foram cedidos a órgãos públicos, centros culturais, de turismo e lazer, além de estabelecimentos de ensino.

Dessa forma, algumas secretarias e escolas públicas começaram a ser implantados no centro de São Luís como forma de proporcionar a revitalização da região com a justificativa de juntar o espaço antes obsoleto ao ambiente cultural, tornando-se um intercâmbio temporal para seus usuários.

Destaca-se que os prédios históricos, por sua significativa importância cultural e arquitetônica, representam um legado valioso para as gerações presentes e futuras. No entanto, a sua preservação exige um compromisso constante com a manutenção adequada, a fim de evitar o declínio de suas características únicas que fazem parte da história e tradição da cidade.

Nesse contexto, é importante salientar que a extensa utilização de um prédio histórico, ao longo do tempo, aliada à falta contínua da sua manutenção, propicia um cenário propenso ao surgimento de diversas manifestações patológicas.

Segundo Degussa (2003), a patologia das edificações é o estudo dos sintomas, mecanismos, causas e origens das falhas e anomalias nas edificações, sua terapia, correção e a solução de suas manifestações. A origem desses defeitos é classificada pelo Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia (IBAPE, 2012), em anomalias e falhas, as quais constituem não conformidades que impactam na perda precoce de desempenho da edificação.

Para se conhecer a origem das manifestações patológicas, deve-se realizar uma inspeção predial, que conforme definido pelo IBAPE (2012) consiste na análise do estado em que se encontra uma edificação, tendo em vista suas condições técnicas de uso e de manutenção. Essa inspeção deverá ser conduzida por profissionais habilitados, os quais darão seus pareceres técnicos mediante a elaboração de um laudo de inspeção predial.

Dessa maneira, o propósito deste estudo é identificar as manifestações patológicas que afetam o casarão Estudo de Caso, empregando o método GUT como ferramenta para estabelecer prioridades. Ademais, ao longo da pesquisa, será fornecida informação relativa às prováveis causas dessas patologias, bem como soluções para mitigar esses problemas.

Nesse contexto, a listagem detalhada das manifestações patológicas oferece uma visão minuciosa dos problemas enfrentados pelo prédio. Permitindo, assim, que os órgãos responsáveis, em colaboração com o governo, ajam de forma mais precisa e eficaz na correção das falhas identificadas. Com uma compreensão objetiva dos desafios estruturais

e funcionais enfrentados pelo edifício, é possível direcionar recursos e esforços de maneira mais eficiente, implementando medidas corretivas que visem não apenas resolver as questões imediatas, mas também prevenir futuros problemas.

2. METODOLOGIA

O presente trabalho tem como objeto de estudo o imóvel histórico tombado pela UNESCO cedido para uso educacional. A etapa inicial deste estudo revela através de pesquisas bibliográficas um pequeno relato de uso e ocupação da região onde se insere o imóvel.

2.1. ÁREAS DE ESTUDO

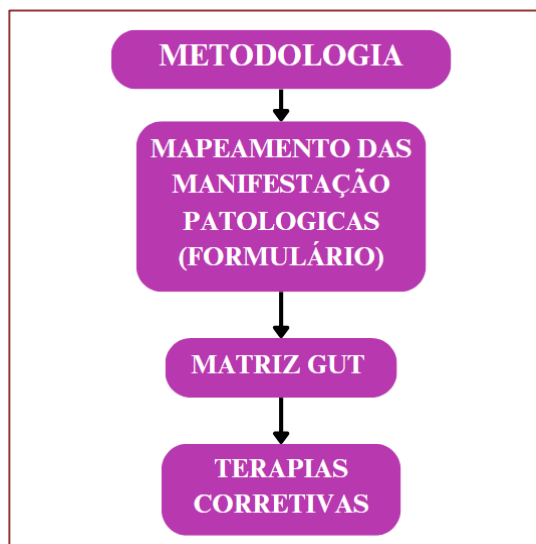
Nas pesquisas descritivas, foram utilizado diversos instrumentos para coleta de dados e análise de documentos. Através do embasamento teórico, tem-se a facilitação da identificação e exposição dos problemas no estudo de caso do prédio escolhido como base para demonstrar as patologias frequentes em edificações consideradas patrimônio histórico.

O embasamento teórico inclui a análise de normas técnicas, como as NBR's específicas (NBR 16747 e NBR 5674), a revisão de literatura especializada em patologias de edificações históricas, e a consulta a trabalhos acadêmicos e artigos científicos que abordam questões semelhantes. Com esse conhecimento teórico, é possível compreender melhor as causas das patologias, os impactos na estrutura do prédio e as possíveis soluções para mitigar esses problemas, garantindo uma abordagem mais precisa e fundamentada na análise do caso. A pesquisa também estendeu-se a sites, entre outros recursos para a coleta de dados.

Em sequência, foi realizada uma inspeção no local para coletar informações sobre as patologias existentes. Durante a visita *in loco*, foi feito um relatório fotográfico para captar e documentar as patologias ali existentes. Para fazer uma vistoria mais assertiva, foi necessário o acompanhamento de um funcionário do prédio durante a inspeção, visto que o prédio tem diversas salas e escadas, sendo de suma importância observar todos os cômodos do edifício.

2.2. FLUXOGRAMA

Após reunir as fotos e os conhecimentos adquiridos durante a vistoria, aplicamos a Matriz GUT (Gravidade, Urgência e Tendência) e, também o preenchimento de uma planilha, sendo usada para classificar e expor as manifestações patológicas.

Figura 1: Fluxograma do estudo de caso

Fonte: Autor (2024).

Preenchida a planilha, aplicou-se um ranking dos maiores índices para menores índices conforme graduação da Matriz GUT. Essas informações facilitam a organização da pesquisa e a compreensão do leitor.

2.3. FORMULÁRIO

O formulário aplicado no decorrer da inspeção é preenchido avaliando localização da manifestação patológica no prédio, descrição da mesma, grau de risco e nível de risco para a edificação, classificação como anomalia ou falha, prioridades pela matriz GUT. Podemos visualizar o formulário na Tabela 1.

Tabela 1: Tabela de formulário de inspeção

FORMULÁRIO DE INSPEÇÃO							
INSPEÇÃO IN LOCO					MATRIZ GUT		
LOCALIZAÇÃO	MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA/ DESCRIÇÃO	GRAU DE RISCO	NÍVEL	ANOMALIA/FALHA	GRAVIDADE	URGÊNCIA	TENDÊNCIA

Fonte: Autor (2024).

2.4. MATRIZ GUT

A Matriz GUT, segundo Pires (2023), tem prioridade da classificação, sendo definida pela soma dos pesos, que variam de 1 a 5 dependendo do estado de manifestação, atribuídos por gravidade, urgência e tendência.

Através dessas atribuições é possível preencher a tabela do formulário, deixando a inspeção mais completa. Sendo atribuída um peso ou um nível variando de 1 a 5, sendo 5 o nível de maior graduação;

- Gravidade tem relação como a intensidade e impacto da patologia.
- Urgência está relacionada ao tempo que a patologia pode esperar por uma solução.
- Tendência está relacionada a possibilidade da patologia agravar caso demore a ser solucionada.

Para obter o resultado da Matriz, é preciso multiplicar o valor determinado na categoria Gravidade pelo valor da categoria Urgência e, em seguida, pelo valor da categoria Tendência. Por exemplo, supondo que a Gravidade seja dois, urgência seja três e Tendência seja dois. O resultado da matriz, nesse caso, será doze.

Posteriormente, é elaborado um ranking de prioridades para determinar quais patologias necessitam de tratamento emergencial. Esse ranking é crucial para identificar as áreas que requerem intervenções imediatas, garantindo a segurança e a integridade estrutural do edifício. Além de classificar as patologias por ordem de maior prioridade segundo a Matriz GUT, também são analisadas as soluções mais adequadas para os cinco maiores rankings de problema identificado. Isso inclui a avaliação de métodos de reparo, materiais a serem utilizados e técnicas específicas para resolver cada tipo de deterioração.

Tabela 2: Tabela da Matriz GUT

GRAVIDADE	NÍVEL
SEM GRAVIDADE	1
POUCO GRAVIDADE	2
GRAVE	3
MUITO GRAVE	4
EXTREMAMENTE GRAVE	5
URGÊNCIA	NÍVEL
PODE ESPERAR	1
POUCO URGENTE/ PRAZO AINDA É LONGO	2
O MAIS RÁPIDO POSSÍVEL	3
É URGÊNCIA	4
AÇÃO IMEDIATA	5
TENDÊNCIA	NÍVEL
NÃO TEM TENDÊNCIA DE PIORAR	1
VAI PIORAR A LONGO PRAZO	2
VAI PIORAR A MÉDIO PRAZO	3
VAI PIORAR A CURTO PRAZO	4
VAI PIORAR RAPIDAMENTE	5

Fonte: Autor (2024).

Essa abordagem sistemática permite um planejamento das ações corretivas, assegurando que os recursos sejam aplicados de maneira eficaz para resolver as questões mais críticas e preservar a longevidade da estrutura.

2.5. INSPEÇÃO

A inspeção contou com o acompanhamento de um funcionário do prédio, o que possibilitou uma vistoria mais eficaz e detalhada. Sua experiência e conhecimento prático do edifício permitiram uma compreensão mais profunda das áreas críticas que necessitam de intervenção, além de fornecer contexto histórico sobre a evolução das patologias ao longo do tempo. Esse relato, combinado com a observação direta durante a inspeção, foi crucial para identificar prioridades e planejar medidas de conservação e reparo de forma mais precisa e eficiente.

3. ESTUDO DE CASO

3.1. LOCALIZAÇÃO DO PRÉDIO

O prédio tem localização no Centro de São Luís, próximo ao Terminal de Integração da Praia Grande, na mesma travessa do Teatro João do Vale. O Sobrado com localização perpendicular a Travessa Boa Ventura e Rua da Estrela, fica situado em área de abrangência do “Projeto Reviver”, sendo catalogado e seu uso acompanhado regularmente pelo IPHAN.

Figura 2: Imagem de Localização do prédio



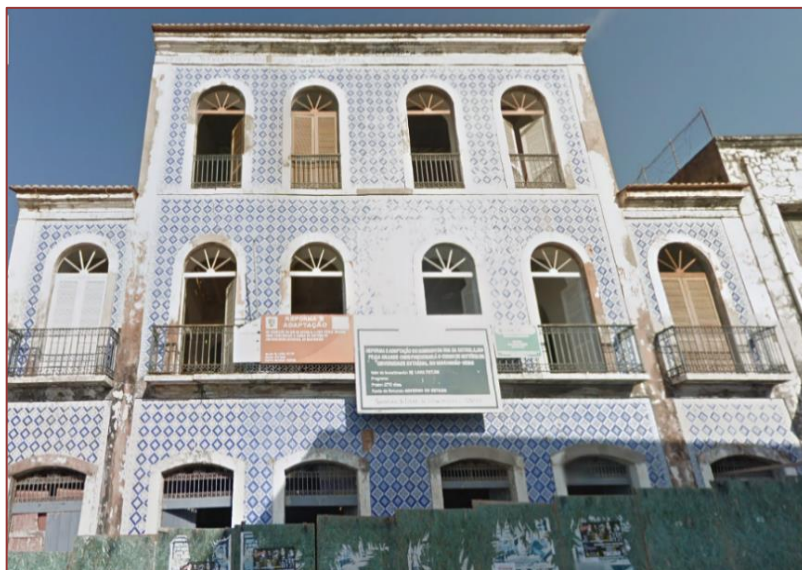
Fonte: *Google Earth*.

O Casarão Histórico fica na zona urbana histórica da cidade de São Luís, possui tráfego reduzido, porém conta hoje com grande fluxo de ocupação. A região foi revitalizada e

conta com diversos outros casarões revitalizados e contribuindo com a preservação da memória histórico do marco de ocupação e crescimento da cidade.

O modelo de casas no padrão estudado remontam a residências de famílias abastadas que viviam da exploração do comércio, sendo o bairro de grande importância a época devido a proximidade com a área portuária.

Figura 3: Imagem de Localização do prédio



Fonte: *Google Earth*.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A inspeção realizada para este trabalho resultou na identificação de 21 manifestações patológicas. A Figura 04 apresenta um resumo dessas manifestações encontradas no prédio de História.

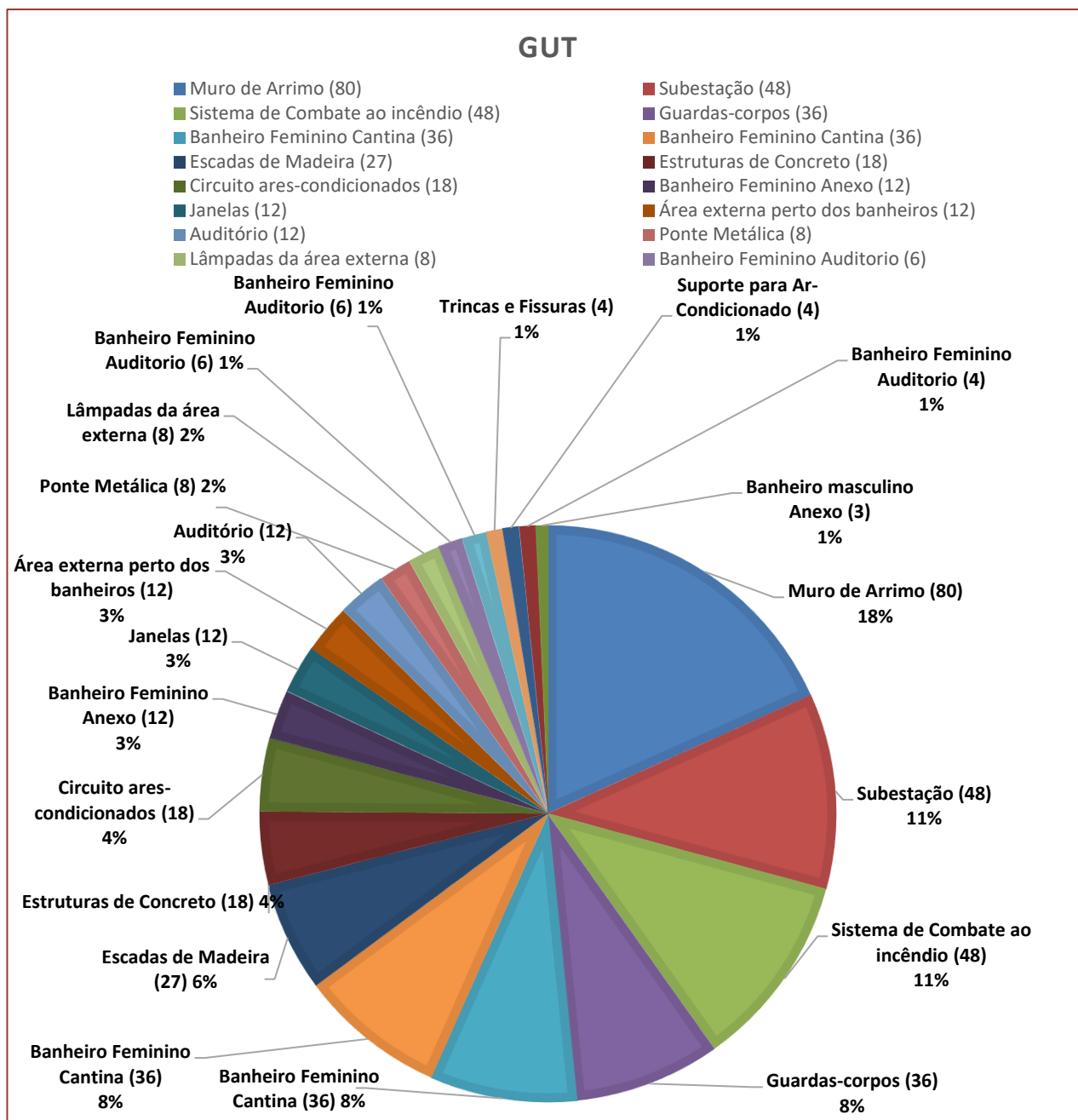
O gráfico divide as patologias conforme a pontuação atribuída a cada uma, além de mostrar a porcentagem que cada pontuação representa em relação ao total.

A análise permite visualizar a pontuação obtida pela aplicação da metodologia da Matriz GUT nas condições vistoriadas no casarão, apontando os itens avaliados pelo responsável técnico durante a vistoria que merecem as intervenções mais urgentes.

Os valores de peso atribuídos pelo avaliador devem refletir sobretudo as condições de risco físico do bem e o nível em que se encontram as patologias encontradas. Dessa maneira, a subjetividade da análise se reduz, elevando o grau de confiabilidade da inspeção.

Ao considerar o Muro de Arrimo como item mais relevante da análise de patologias, fica clara a preocupação estrutural que se retrata o risco de um desmoronamento.

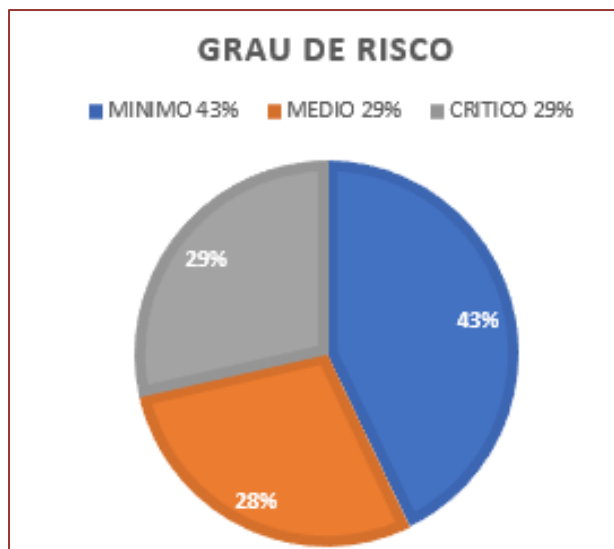
Quanto a Subestação e o Sistema de Combate a Incêndio, com pontuações elevadas e idênticas, fica a grande preocupação de risco de problemas elétricos como causadores de incêndios em construções onde prevalecem as estruturas em madeira.

Figura 4: Gráfico Resultados da Matriz G.U.T

Fonte: Autor (2024).

4.1. GRAU DE RISCO

Os resultados da inspeção, baseados no grau de risco das manifestações patológicas, revelaram que 29% das ocorrências foram classificadas como críticas, exigindo intervenção imediata devido ao risco elevado para a estrutura e segurança dos usuários. Outros 29% foram consideradas de risco médio, indicando problemas que, embora não sejam urgentes, requerem atenção para evitar deteriorações futuras. Por fim, 43% das manifestações foram classificadas como mínimas, apresentando riscos baixos e necessitando de monitoramento e manutenção regular para prevenir agravamentos.

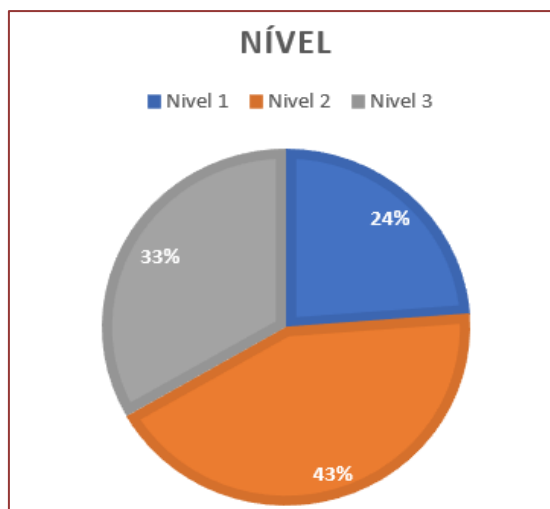
Figura 5: Gráfico do Grau de risco

Fonte: Autor (2024).

4.2. NÍVEL

Os resultados da inspeção, baseados no nível das manifestações patológicas, revelaram que 33% das ocorrências foram classificadas como nível 3. Estas são associadas a alta complexidade técnica, exigindo intervenção imediata devido ao risco elevado. Outros 43% das ocorrências foram classificadas como nível 2, indicando problemas de complexidade técnica média, geralmente presentes em edifícios sem plano de manutenção adequado.

Por fim, 24% das manifestações foram classificadas como nível 1, apresentando riscos de baixa complexidade técnica que podem ser resolvidos com manutenção regular. No gráfico abaixo, é possível visualizar as porcentagens resumidas de toda a Matriz GUT aplicada.

Figura 6: Gráfico do Nível


Fonte: Autor (2024).

4.3. FALHA E ANOMALIA

As Anomalias, são majoritariamente relacionadas a fatores construtivos, ou seja, se originam na construção, reforma ou instalação de algum elemento e aparecem após algum tempo. Seguiu-se a mesma lógica do estudo de caso, classificando como anomalias as manifestações patológicas que tiveram origem na instalação ou reforma.

Já as falhas se originam pelo mau uso, pela falta de manutenção ou pela ausência de reformas periódicas. Essas falhas, ao contrário das anomalias, resultam da utilização inadequada dos elementos construtivos, além de uma manutenção insuficiente que permite a deterioração progressiva das estruturas, causando as patologias

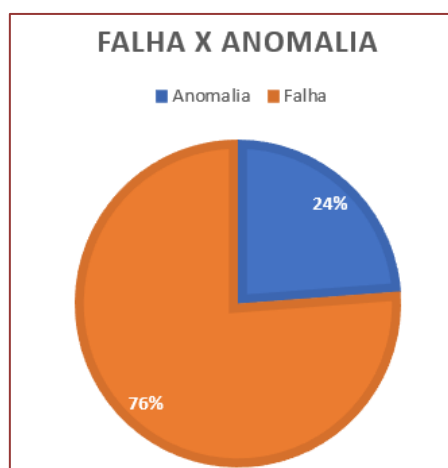
Figura 7: Exemplo de Aplicação da matriz GUT

ANOMALIA						
Muro de Arrimo						
ORIGEM						
NATURAL						
MATRIZ GUT						
G	U				T	PONTOS
5	4				4	80
GRAU DE RISCO						
CRÍTICO						
NÍVEL	3					
LOCAL	ANEXO					
Figura 27: Muro de Arrimo						
PROGNÓSTICO						
Falha na execução e não construção de drenagem adequada.						
ALTERNATIVAS PARA CORREÇÃO						
Correção seria remover todo o reboco umido e reaplicar após limpeza do local.						

Fonte: Autor (2024).

Com isso, o estudo de caso apresentou 76% das manifestações patológicas como falha e 24% como anomalia, como é mostrado no gráfico abaixo.

Figura 8: Gráfico das Falhas e Anomalias



Fonte: Autor (2024).

5. CONCLUSÃO

Conclui-se que o Patrimônio Histórico cedido, sofre com diversas manifestações patológicas, sendo relacionadas a estrutura, sistema hidrossanitário, sistema elétrico, entre outros. Isso se deve, em grande medida, a falhas nos cronogramas de manutenção preventiva, que resultam na redução da durabilidade dos materiais e por consequência, redução da vida útil do imóvel histórico.

Os dados apresentados enfatizam a necessidade de um plano de manutenção preventiva e corretiva bem estruturado para garantir a integridade e segurança da edificação. Uma ação rápida e constante se faz necessária, para que o diagnóstico apresentado não evolua para níveis mais críticos e situações irreversíveis

Observamos que a recuperação do muro de arrimo representa a maior condição de risco para o uso do imóvel. A estrutura em madeira representa o segundo ponto de maior atenção, considerando pontos de proteção contra a queda de usuários bem como o risco de propagar incêndio.

A situação de instalações elétricas, hidráulicas e sanitárias, reflete uma necessidade de rotina permanente de manutenção, pois quando falham causam danos a diversos outros componentes do edifício, como no caso a pintura e o forro.

Diante desses resultados, o objetivo do trabalho foi alcançado, evidenciando que 34% das manifestações patológicas foram definidas com tendência de piora a médio prazo. Além disso, o estudo apontou que as manifestações podem estar intrinsecamente ligadas a falhas na execução dos serviços e a falta de manutenção frequente, emergindo como um possível contribuinte para o surgimento dessas patologias. Nesse contexto, o estudo reforça a importância de práticas preventivas e manutenção para garantir a durabilidade e a integridade do prédio como patrimônio histórico.

O modelo de análise das patologias em casarões tombados utilizando nível de precedência para a gravidade de falhas e anomalias já vem sendo adotado para gerar diagnósticos e critérios de intervenção em diversos prédios. Deixamos a sugestão para que trabalhos futuros observem outros imóveis do Centro Histórico da cidade, bem como, que se aprofundem estudos para melhorar sistemas de prevenção ao desgaste natural deste valioso patrimônio da humanidade.

REFERÊNCIAS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5674. **Manutenção de edificações - Procedimentos**. Rio de Janeiro, 1994.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575. **Edificações habitacionais - Desempenho - parte 1 - Requisitos Gerais**. Rio de Janeiro, 2013.
- [3] DEGUSSA. **Manual de Reparo, Proteção e Reforço de Estruturas de Concreto**. 2003. Ed. Red. Rehabilitar. São Paulo, 2003. 718p.
- [4] INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA. **Inspeção Predial a Saúde dos Edifícios**. São Paulo, 2012.
- [5] INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA. **Norma de inspeção predial nacional**. São Paulo, 2012.
- [6] **NR-23: PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIOS**. Disponível em: <<https://www.gov.br/normas-regulamentadoras/nr-23-Atualizada-2022.pdf>>. Acesso em 16 jul 2024
- [7] Página - **IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional**. Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/34>>. Acesso em: 5 out. 2023.

Capítulo 3

Tendências e desafios na avaliação de programas de adaptação às mudanças climáticas: uma revisão sistemática PRISMA

Willian dos Santos Flores

Madalena Maria Schlindwein

Jonathan Gonçalves da Silva

Roselaine Bonfim de Almeida

Leandro Vinícios Carvalho

Resumo: Este estudo aborda a avaliação de métodos para adaptação do agronegócio às mudanças climáticas, utilizando uma abordagem exploratória e quantitativa. Por meio de uma revisão sistemática da literatura, foram identificados 77 artigos relevantes, após uma triagem rigorosa. Os principais métodos incluíram modelos de avaliação econômica, climáticos, integrados e de gestão global. Os resultados revelaram um crescimento na produção científica ao longo dos anos, com forte contribuição de países como Reino Unido, EUA e Países Baixos. Temas recorrentes incluíram mitigação de carbono, modelos integrados e impactos regionais. A análise de autores destacou líderes influentes na pesquisa, como Detlef P. van Vuuren e Shinichiro Fujimori. Concluiu-se que, embora haja uma diversidade de métodos e abordagens, há uma necessidade de colaboração interdisciplinar e uma busca por estratégias adaptativas sustentáveis. O estudo enfatiza a importância de atualizações contínuas nos modelos e uma abordagem colaborativa para enfrentar os desafios climáticos no agronegócio.

Palavras-chave: adaptação climática, mudanças climáticas, PRISMA, políticas climáticas.

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas representam uma das maiores ameaças globais à sustentabilidade ambiental e social. No cenário mundial, fenômenos extremos, aumento das temperaturas médias e mudanças nos padrões de precipitação têm desafiado comunidades e governos a desenvolver estratégias eficazes de adaptação (Nordhaus, 2018; Fujimori *et al.*, 2019).

No contexto brasileiro, a diversidade geográfica e socioeconômica amplifica os impactos das mudanças climáticas, demandando ações específicas em diferentes regiões do país (Bos *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2019; Tejada *et al.*, 2020). O estado do Mato Grosso do Sul, situado na região Centro-Oeste do Brasil, não está imune a tais desafios, sendo necessário compreender e avaliar os métodos disponíveis para medir o impacto de programas de adaptação nesse contexto.

No âmbito das mudanças climáticas, a adaptação assume um papel central na redução de vulnerabilidades (Carlino; Tavoni e Castelletti, 2022). A avaliação de programas de adaptação torna-se essencial para determinar a eficácia e direcionar esforços futuros (Jennings *et al.*, 2022). Conceitos como "avaliação de impacto", "emissões", "políticas ambientais" e "agricultura" desempenham papéis expressivos na compreensão da complexidade desses programas.

Diante da urgência em lidar com os efeitos das mudanças climáticas, é imperativo compreender a efetividade dos programas de adaptação implementados. A falta de uma análise criteriosa e sistemática dos métodos de avaliação pode limitar a capacidade de formulação e implementação de políticas eficazes (Daioglou *et al.*, 2019 e Han e Chen, 2022).

O objetivo deste estudo é realizar uma revisão sistemática, seguindo as diretrizes PRISMA, para identificar e analisar os métodos disponíveis de avaliação criteriosa de programas de adaptação às mudanças climáticas. Para atingir esse propósito, serão mapeadas as principais estratégias de adaptação implementadas, além de avaliar a descrição nos artigos da eficácia dessas estratégias em termos de redução de vulnerabilidades e, por fim, identificar lacunas existentes na literatura.

A busca será conduzida nas bases de dados SCOPUS e Web Of Science, considerando estudos publicados entre 2018 e 2022. A seleção seguiu critérios estritos de inclusão e exclusão, com foco em estudos que abordassem métodos de avaliação de programas de adaptação climática e similares.

A relevância desta pesquisa reside na necessidade de fornecer uma visão abrangente e crítica sobre os métodos de avaliação, contribuindo para a tomada de decisões informadas e eficazes no desenvolvimento e aprimoramento de programas de adaptação às mudanças climáticas, assim como no planejamento de pesquisadores acerca de quais ferramentas estão sendo utilizadas para cada tipo de pesquisa.

O artigo está estruturado em seis seções. Após esta introdução, a segunda seção abordará a revisão de literatura, fornecendo um panorama dos métodos existentes. A terceira seção detalhará os procedimentos metodológicos adotados. As discussões e análises serão apresentadas na quarta seção. A quarta, e última seção, apresentará a conclusão derivada deste estudo.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Inicialmente é importante salientar que o conceito do método utilizado para essa revisão sistemática, sendo a metodologia PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) que é um guia de boas práticas para revisões sistemáticas e meta-análises. Desenvolvido para melhorar a transparência e a qualidade dos relatórios, o PRISMA oferece uma estrutura rigorosa para a identificação, seleção, avaliação e síntese de evidências, proporcionando uma abordagem sistemática e confiável (Page *et al.*, 2021).

2.1. MODELOS DE AVALIAÇÃO EM PROGRAMAS DE ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Para melhor compreensão dos métodos que tem sido utilizado para avaliar as políticas de adaptação climática, será feita uma categorização agrupando por similaridades em suas abordagens e propósitos. Destaca-se a diversidade de ferramentas disponíveis para avaliação, desde modelos econômicos até aqueles que incorporam especificidades climáticas, agrícolas e ambientais.

Modelos de Avaliação Econômica são ferramentas essenciais na análise dos impactos financeiros associados a fenômenos específicos, estratégias ou políticas (Ermolieva, *et al.*, 2022; Wesseler, 2022). Esses modelos, amplamente utilizados por economistas, pesquisadores e formuladores de políticas, empregam equações e restrições para representar a dinâmica econômica, permitindo simulações que avaliam custos, benefícios e eficiência econômica de diferentes estratégias, incluindo programas de adaptação às mudanças climáticas. Um exemplo dos modelos utilizados neste grupo são: equilíbrio geral computável (EGC) (Lofgren; Harris e Robinson, 2002); modelo de avaliação integrada (MAI) (Fischer *et al.*, 2005), Input Output (IO) (Wiedmann, 2009) e Programação Linear (Lafferty, 2009).

Na compreensão das mudanças climáticas, Modelos Climáticos e de Emissões desempenham um papel relevante (National Research Council, 2005). Essas ferramentas modelam padrões climáticos globais e quantificam emissões de gases de efeito estufa. Utilizando equações físicas para simular o comportamento do sistema climático, esses modelos oferecem *insights* valiosos sobre as causas e consequências das mudanças climáticas, sendo fundamentais para a avaliação de estratégias de adaptação. Dentre os modelos deste grupo se tem: Modelo de Circulação Geral (GCM) (Roeckner *et al.*, 2003), Interações e Sinergias entre Gases de Efeito Estufa e Poluição Atmosférica (GAINS) (Amann *et al.*, 2011), Quadro Multimodelo para Avaliação Quantitativa das Mudanças Climáticas (MACC) (Bond *et al.*, 2013) e Modelo Climático Regional (RCM) (Teutschbein e Seibert, 2012).

Para uma compreensão abrangente e holística das mudanças climáticas, Modelos Integrados e de Gestão Global são empregados. Integrando aspectos climáticos, econômicos e sociais, essas ferramentas analisam cenários futuros, considerando variáveis inter-relacionadas. Amplamente utilizados por pesquisadores e analistas de políticas, esses modelos fornecem *insights* críticos para a formulação de estratégias adaptativas eficazes. Nestas categorias, tem-se: *Dynamic Integrated Climate-Economy* (DICE) (Nordhaus, 1992), Modelo de Avaliação de Mudanças Globais (GCAM) (Thomson *et al.*, 2011), Modelo Global de Gestão da Biosfera (GLOBIOM) (Grubler *et al.*, 2020), Modelo Integrado para Avaliar o Meio Ambiente Global (IMAGE) (Stehfest *et al.*, 2014) e Modelo de Avaliação Integrada TIMES (TIAM) (McGlade e Ekins, 2015).

Os Modelos Hidrológicos e Agrícolas desempenham um papel importante na avaliação dos impactos das mudanças climáticas na disponibilidade de água e nas condições agrícolas. Utilizando equações hidrológicas e agrícolas, essas ferramentas permitem simulações que são essenciais para a avaliação de medidas adaptativas relacionadas à gestão hídrica e agrícola, contribuindo significativamente para a segurança alimentar. Aqui estão as Ferramentas de Avaliação de Solo e Água (SWAT) (Gassman *et al.*, 2007) que é um modelo hidrológico, o Sistema Integrado (ou Nexos) de Energia-Água-Terra (EWL) (Wilbanks *et al.*, 2013) e o Estimador Futuro Integrado para Emissões e Dietas (iFEED) (Jennings *et al.*, 2022) que são modelos utilizados para analisar impactos econômicos e feedbacks interativos em contextos de adaptação como o agrícola.

Explorando diferentes trajetórias socioeconômicas, os Modelos de Cenários e Caminhos Socioeconômicos (MCCS) fornecem uma visão valiosa sobre como fatores como população, urbanização e tecnologia podem influenciar as mudanças climáticas (Riahi *et al.*, 2017). Essas ferramentas, desenvolvendo cenários baseados em diferentes trajetórias de desenvolvimento socioeconômico, oferecem *insights* consideráveis sobre os contextos nos quais estratégias de adaptação devem ser implementadas. Um exemplo é o *Shared Socioeconomic Pathways* (SSPs) que exploram diferentes trajetórias socioeconômicas, permitindo a avaliação de possíveis futuros em termos de alterações climáticas, fornecendo contexto para estratégias adaptativas (Riahi *et al.*, 2017).

Na busca por estratégias sustentáveis, Modelos de Avaliação Ambiental e Sustentabilidade desempenham um papel central. Avaliando os impactos ambientais ao longo do ciclo de vida de produtos, processos ou políticas, essas ferramentas, que empregam análises de ciclo de vida, identificam opções mais sustentáveis e avaliam o desempenho ambiental de estratégias de adaptação, contribuindo para a promoção da sustentabilidade em iniciativas climáticas. Evidentemente que aqui estaria a Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) e seu desenvolvimento mais recente (Finnveden *et al.*, 2009).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este estudo adotou uma abordagem exploratória e quantitativa para atingir seus objetivos, centrando-se na revisão sistemática da literatura. A pesquisa foi conduzida com base em artigos indexados nas bases de dados Scopus da Elsevier e *Web of Science* do *ISI of Knowledge*, com a busca realizada em 28 de setembro de 2023. A seleção dos estudos considerou a restrição de data de publicação entre 2018 e 2022, priorizando estudos relevantes e de alto impacto.

As palavras-chave utilizadas foram "agr*", "assessment", "climate change", "emission*", e "polic*", aplicadas utilizando o separador AND nos campos título, resumo e/ou palavras-chave. Inicialmente, foram identificados 437 documentos na *Web of Science* e 445 na Scopus, antes da aplicação dos critérios de exclusão.

O protocolo PRISMA foi seguido para garantir rigor metodológico na revisão sistemática, com as seguintes etapas:

- i. Definição clara do escopo da pesquisa, concentrando-se nas metodologias de avaliação da eficácia de políticas de adaptação às mudanças climáticas, com foco no agronegócio;

- ii. Definição dos Critérios de Inclusão e Exclusão: estabelecimento de critérios para identificar os estudos pertinentes, excluindo artigos de conferência, dados bibliométricos, capítulos de livro e apresentação do método e/ou modelo;
- iii. Seleção e Avaliação da Qualidade da Literatura Incluída: avaliação dos estudos quanto à sua relevância e qualidade, considerando apenas os artigos que atenderam às quatro etapas do protocolo PRISMA; e
- iv. Análise, Síntese e Divulgação de Resultados: compilação e análise dos dados extraídos dos estudos seleccionados, seguida pela divulgação dos resultados.

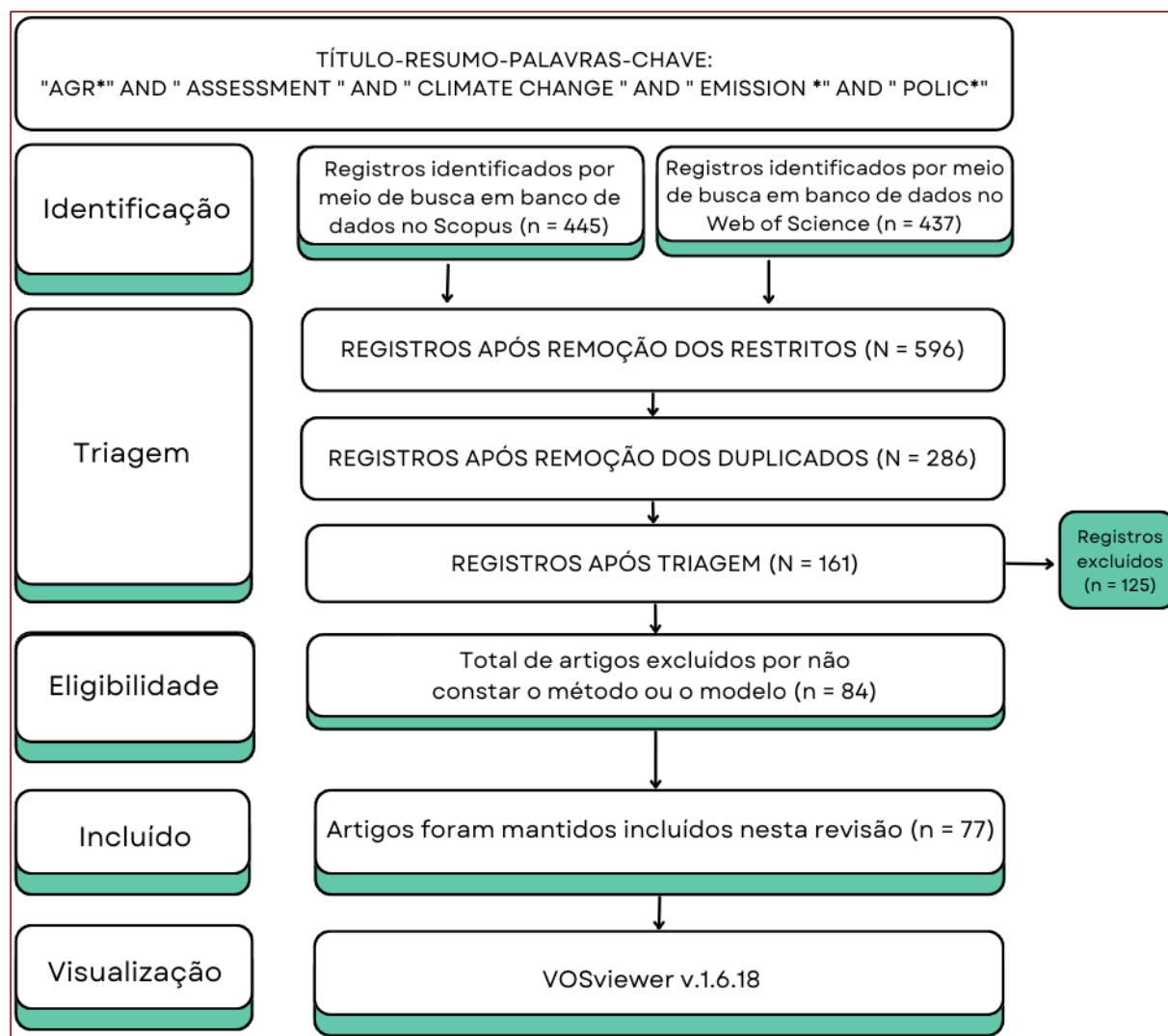
Adicionalmente, foi realizada uma revisão bibliométrica utilizando o *software* VOSviewer versão 1.6.18. A segunda fase da análise compreendeu a avaliação da frequência dos artigos ao longo do tempo, áreas de conhecimento, número de publicações por país, instituições e autores.

A análise e discussão dos resultados foram conduzidas através de uma abordagem quantitativa, envolvendo uma revisão sistemática dos artigos, leitura aprofundada de cada um deles e extração de fragmentos de interesse. A próxima seção sintetiza o processo de coleta de dados, seleção, inclusão e exclusão de artigos com base nos critérios de elegibilidade.

4. DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Inicialmente foram encontrados 882 artigos, sendo 445 na Scopus e 437 na Web of Science quando foram refinados os resultados de 2018 a 2022. Considerando apenas artigos disponíveis para acesso público, o resultado foi reduzido a 596. Após adicionar estes trabalhos em uma planilha foi possível verificar 310 duplicados, reduzindo para 286. Após uma triagem para verificar os que constam no título, resumo e palavras-chave se constam indícios de que estavam sendo avaliados impactos de programas de adaptações climáticas, sendo excluídos outros 125 fora do escopo, reduzindo para 161. E destas, foram elegíveis apenas as que constavam os métodos ou modelos que foram utilizados para essas avaliações, sendo, portanto, 77 totais conforme Figura 1.

Para construir um panorama visual foi utilizado o aplicativo VOSviewer versão 1.6.18, em que se adaptou do PRISMA aglutinando informações para sintetizar o conteúdo.

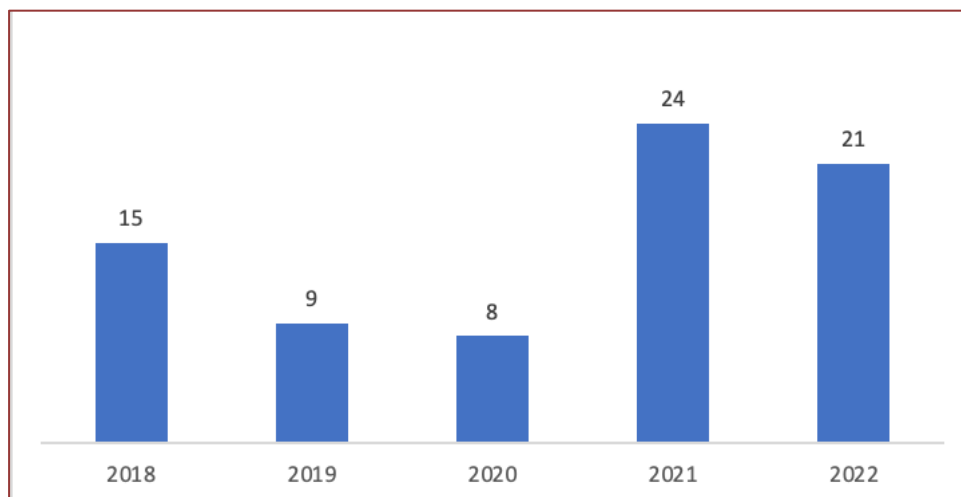
Figura 1: fluxograma da revisão sistemática

Fonte: Elaborado pelos autores, adaptado do fluxograma PRISMA.

As principais características da linha de pesquisa foram examinadas. Nas próximas figuras serão apresentadas essas características que incluíam a quantidade de artigos de pesquisa publicados, autores, citações, instituições, países, periódicos e palavras-chave. O método de cocitação também foi utilizado para encontrar redes de cooperação para autores, instituições e países. Além disso, foi utilizado um método de coocorrência para análise das palavras-chave, criando uma estrutura conceitual e temática. Os resultados da análise bibliográfica e uma revisão sistemática da literatura permitem identificar os temas de pesquisa mais explorados e suas principais contribuições. Também nos permite definir as principais lacunas na literatura acadêmica.

4.1. EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA

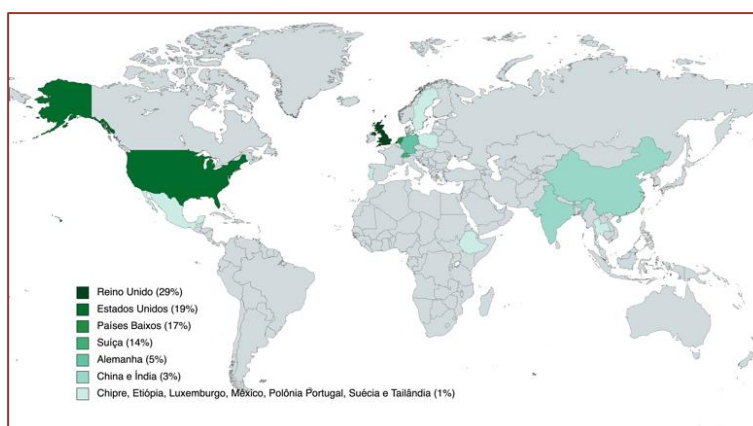
A evolução da produção científica no campo de avaliação de métodos para adaptação às mudanças climáticas no agronegócio apresentou variações ao longo dos anos. A figura 2 abaixo detalha o número de artigos publicados em cada ano.

Figura 2: características da produção científica de 2018 a 2022

Fonte: elaborado pelos autores.

Os dados indicam uma tendência de crescimento na produção científica, atingindo um pico em 2021. Essa evolução reflete o interesse crescente na avaliação de métodos para adaptação às mudanças climáticas, especialmente no contexto do agronegócio.

Já a distribuição geográfica da produção científica revela a participação de diferentes países no desenvolvimento de estudos sobre métodos de adaptação. A figura 3 abaixo apresenta a porcentagem de contribuição de cada país.

Figura 3: distribuição geográfica da produção científica

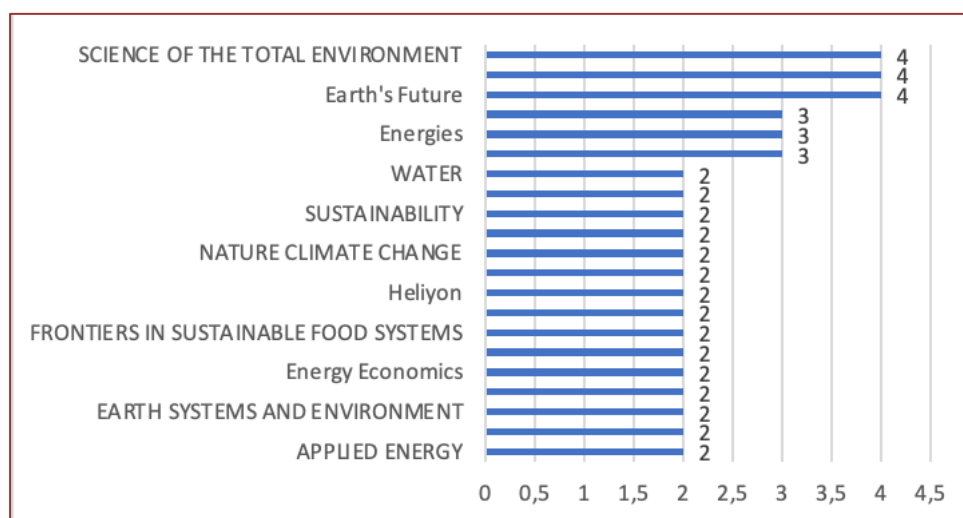
Fonte: elaborado pelos autores com uso do mapchart.

Observa-se uma concentração significativa de produção científica em países como Reino Unido, Estados Unidos e Países Baixos, que, juntos, representam uma parcela substancial do total (65%). Essa distribuição geográfica reflete a diversidade de interesses e abordagens na avaliação de métodos de adaptação, com contribuições significativas de diferentes regiões do globo.

4.2. ANÁLISE DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA

A produção científica sobre métodos de adaptação às mudanças climáticas no agronegócio está distribuída em diversas revistas, cada uma representando um canal importante para a divulgação de pesquisas nesse campo. Abaixo, estão listadas as revistas com o número correspondente de artigos publicados.

Figura 4: ranking de distribuição de artigos por periódico

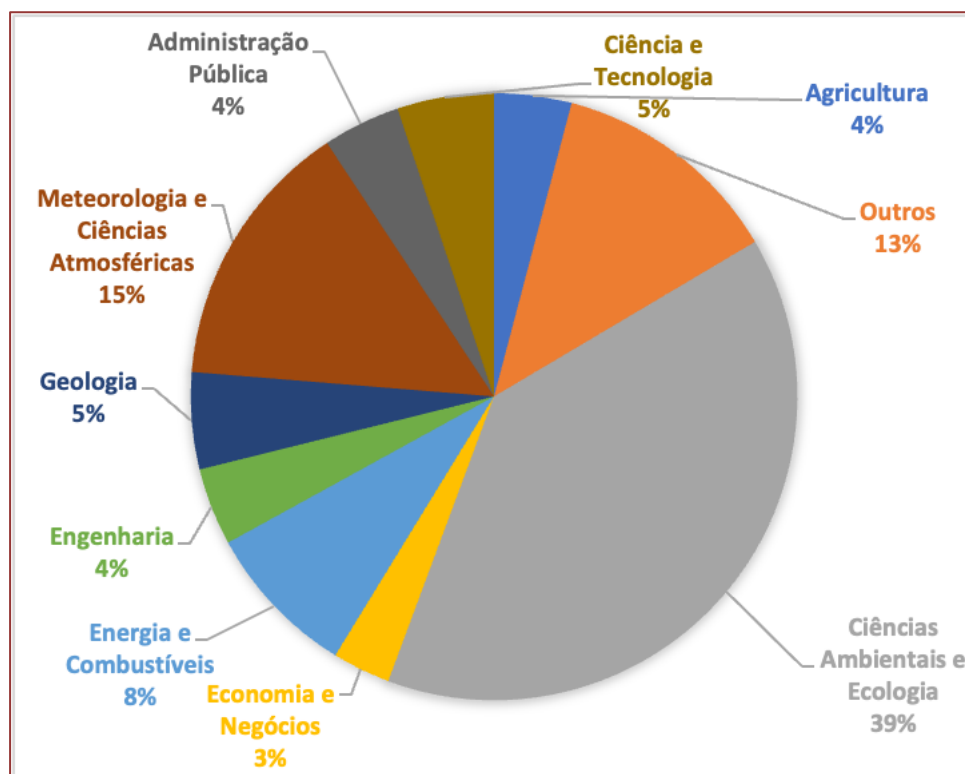


Fonte: elaborado pelos autores.

Essa distribuição reflete a diversidade de fóruns científicos que abordam a temática, indicando um interesse difundido em revistas que englobam tanto as ciências ambientais quanto as políticas climáticas e a sustentabilidade alimentar. A presença de múltiplos artigos em algumas revistas específicas, como "Earth's Future", "Environmental Research Letters" e "Science of the Total Environment", sugere que essas publicações desempenham um papel central na disseminação de pesquisas nesse campo específico. O número de artigos por revista fornece uma visão inicial da relevância e especialização de cada periódico na área de estudo.

4.3. ANÁLISE DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA POR ÁREA

A produção científica sobre métodos de adaptação às mudanças climáticas no agronegócio abrange diversas áreas do conhecimento, refletindo a natureza interdisciplinar da pesquisa nesse campo. Abaixo, estão listadas as áreas temáticas com o número correspondente de artigos publicados.

Figura 5: distribuição da Produção Científica por Área

Fonte: elaborado pelos autores.

4.4. ANÁLISE DE PALAVRAS-CHAVE

A análise das palavras-chave revela uma variedade de temas e abordagens explorados na produção científica sobre métodos de adaptação às mudanças climáticas no agronegócio. Abaixo estão alguns dos termos mais frequentes e suas associações:

1. Temas Recorrentes:

- Mitigação de carbono: "Carbon reduction potential," "Carbon efficiency," "CO2 reduction," "Carbon price," "carbon neutrality."
- Modelagem Integrada: "Integrated model," "GENeSYS-MOD," "Integrated modeling," "Model comparison," "Integrated scenarios."
- Energia e Combustíveis: "Energy system," "E-fuel," "Renewable energy," "Energy efficiency," "Battery electric vehicles."
- Avaliação Econômica: "Economic evaluation," "Economic growth," "Economically extended input-output analysis," "CGE model."
- Impactos Regionais: "Southeast USA," "Europe," "Argentina," "MENA (Middle East and North Africa)."
- COVID-19 e Recuperação Econômica: "COVID-19," "Economic recovery," "Stimulus packages," "Scenarios."

2. Modelos e Ferramentas Específicas:

- Modelos: "GENeSYS-MOD," "RICE model," "DICE," "SWAT model," "EXIOBASE,"

"GTAP (Global Trade Analysis Project)."

- b) Ferramentas de Avaliação: "Evaluation tool," "Best available database," "Life Cycle Assessment (LCA)," "SWAT tool."

3. Metodologias e Abordagens:

- a) "Quasi-experiment," "General equilibrium," "Sectorial mitigation," "Technology interaction," "Integrated scenarios."
- b) "Agent-based modeling," "Stochastic programming," "Linear programming," "Risk aversion," "Decision-making under deep uncertainty."

4. Objetivos e Indicadores de Sustentabilidade:

- a) "Sustainable development goals (SDGs)," "Social cost of carbon," "Nature-based solutions," "Bioenergy," "Shared Socioeconomic Pathways (SSPs)."
- b) "Co-benefits," "Air pollution," "Low-carbon pathways," "Health impacts," "Population aging."

5. Geografia e Regiões Específicas:

- a) "Paris Agreement," "China," "India," "Mozambique," "Southeast USA," "EURO-CORDEX."
- b) "MENA (Middle East and North Africa)," "Argentina," "Europe," "Poland," "Sub-Saharan Africa."

6. Recursos Naturais e Agricultura:

- a) "Land use," "Agriculture," "Farm," "Crop modeling," "Forestry," "Water resources," "Droughts."

7. Tecnologias e Inovações:

- a) "E-fuel," "Electric road system," "Battery capacity," "Bioenergy," "Biochemicals," "Carbon sequestration."

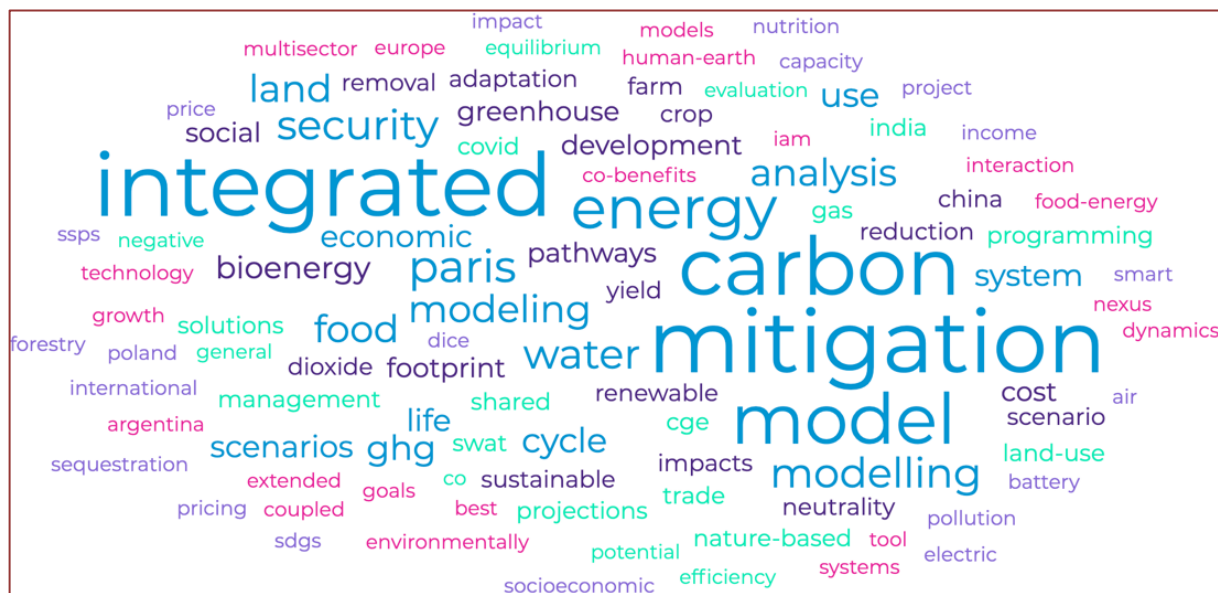
8. Métodos de Avaliação e Análise:

- a) "Life Cycle Assessment (LCA)," "Risk aversion," "System modeling," "Hydrology," "Runoff," "Scenario analysis."

Essa análise destaca a diversidade e complexidade dos tópicos explorados na pesquisa sobre adaptação às mudanças climáticas no contexto do agronegócio, indicando uma abordagem interdisciplinar que engloba ciências ambientais, economia, energia, modelagem integrada e questões socioeconômicas.

Para melhor sintetizar é apresentada a figura 6 com uma nuvem de palavras.

Figura 6: nuvem de palavras-chave



Fonte: elaborado pelos autores.

A nuvem de palavras-chave revela uma ampla gama de tópicos relacionados à mitigação das mudanças climáticas, modelagem integrada, desenvolvimento econômico sustentável, eficiência de carbono e questões regionais específicas.

As palavras em azul, que representam a maior quantidade de citações nos textos selecionados, constam em separado, mas podem compor blocos nos textos como é o caso de: *carbon*, *footprint* ou *mitigation*; *economic*, *integrated*, *model*, *analysis* e *system* ou *systems* que compõe vários blocos; *land*, *use* e *land-use*; *life*, *cycle* como *life cycle assessment*; e *Paris agreement*. Enfim, são em si palavras-chave, mas podem compor outros conjuntos de palavras-chave.

4.5. ANÁLISE DE AUTORES

Analisando os autores que mais produziram, é possível identificar alguns pesquisadores e grupos de pesquisa que têm contribuído significativamente no campo de mudanças climáticas, sustentabilidade e modelagem integrada. Aqui estão dez dos autores, em ordem decrescente de publicação, que mais se destacaram com base nos resultados encontrados:

- Detlef P. van Vuuren: autor de oito das obras selecionadas e destaca-se como um autor recorrentemente citado, sugerindo uma contribuição substancial em pesquisas sobre cenários de emissões, energia e políticas climáticas, utilizando modelos: IAM, Image, SSP e TERI.
- Shinichiro Fujimori: autor de seis das obras selecionadas e tem várias aparições, indicando uma participação significativa em estudos relacionados a cenários de energia, mudanças climáticas e desenvolvimento sustentável, utilizando modelos: AIM, CGE, DNE21+, GRACE, IAM, IMACLIM-R, MESSAGEix-GLOBIOM e POLES.
- Jonathan C. Doelman: autor de quatro das obras selecionadas e aparece em várias

instâncias, sugerindo uma contribuição consistente em diferentes contextos de pesquisa, utilizando modelos como: IAM, Image 3.0 e SSP.

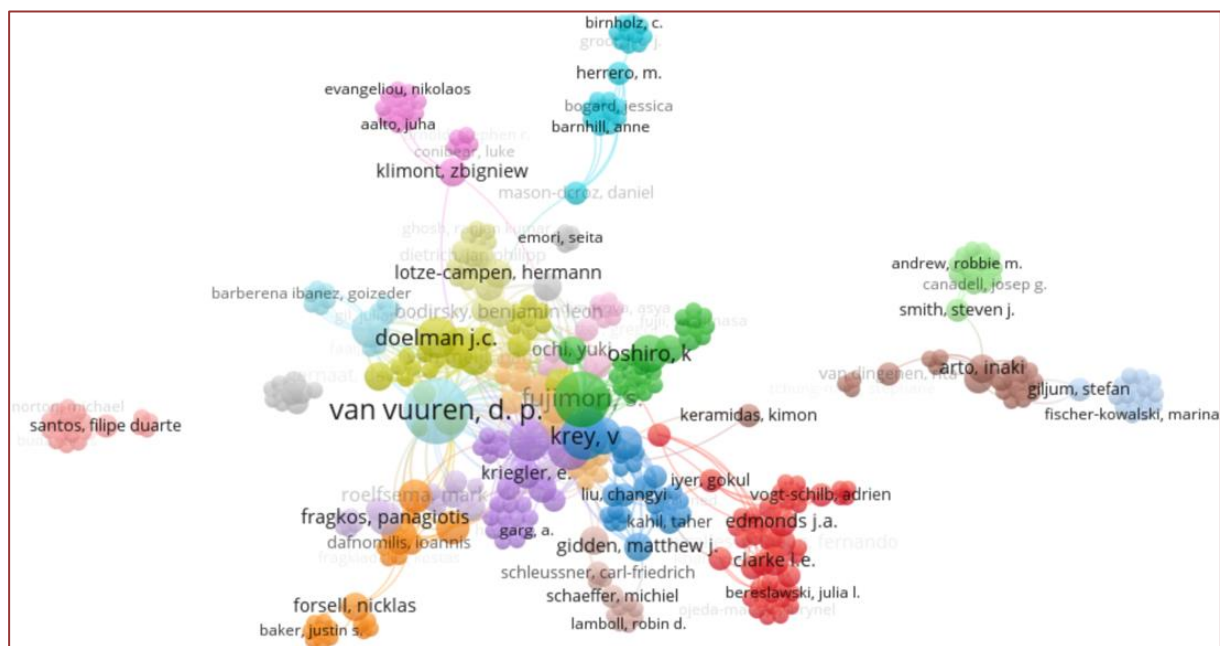
- Elke Stehfest: autor de três das obras seleccionadas e aparece em múltiplas ocasiões, indicando um papel ativo em estudos relacionados à eficiência de carbono e modelagem integrada, utilizando modelos: IAM, Image 3.0 e SSP.
- Krey Volker: autor de três das obras seleccionadas e aparece em algumas ocasiões em trabalhos voltadas à redução do carbono na energia, utilizando modelos: IAM, IMAGE e GLOBIOM
- Hans van Meijl e Andrzej Tabeau: autores de três das obras seleccionadas e aparecem em outras, contribuindo em diferentes contextos com ferramentas como IAM, Image 3.0 e SSP.
- Hermann Lotze-Campen, Petr Havlik e Keywan: autor de duas das obras seleccionadas e aparece em mais obras, utilizando mais IAM e SSP.

E, somente nesses autores e coautores, já é possível identificar a maioria dos modelos utilizados para avaliar, ainda que tangencialmente, programas de adaptação às mudanças climáticas.

Esses autores provavelmente desempenham papéis influentes e lideram pesquisas em áreas específicas de mudanças climáticas e sustentabilidade. Suas contribuições repetidas indicam um compromisso contínuo com a pesquisa e desenvolvimento de soluções para os desafios ambientais globais.

Na figura 7 é possível perceber que eles estão destacados no centro das redes encontradas nas ligações identificadas pelo VOSviewer utilizando os dados exportados da pesquisa antes mesmo da seleção dos trabalhos, seleccionando a interface de coautoria com mínimo de 1 documento e seus 393 autores:

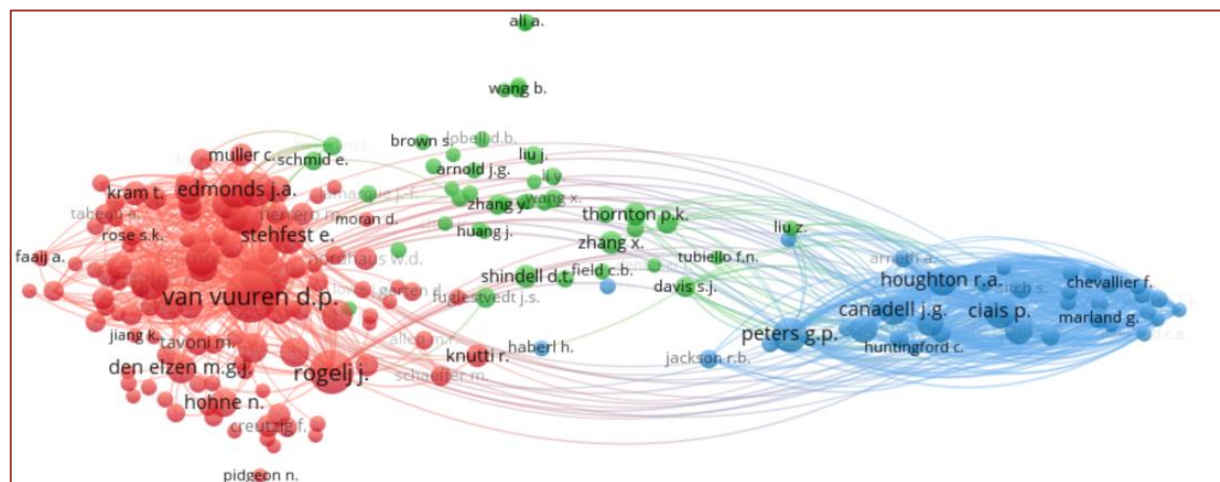
Figura 7: distribuição de autores, redes e conexões antes dos critérios de exclusão na base WoS



Fonte: elaborado pelos autores.

Já na figura 8 são apresentados os autores mais citados, no mínimo 20 citações por autor, sendo 192 autores e coautores.

Figura 8: distribuição de autores, redes e conexões antes dos critérios de exclusão na base Scopus



Fonte: elabora pelos autores.

Nessa figura é possível perceber que existe uma ligação forte com autores como Edmonds, não visto anteriormente, porém repetindo Stehfest e Van Vuuren, ou seja, reforçando que são relevantes nesse resultado de pesquisa.

4.6. PRINCIPAIS ACHADOS

Nesta seção, apresentamos os principais achados derivados de uma análise abrangente sobre métodos utilizados na literatura para avaliar os efeitos de ações voltadas à adaptação às mudanças climáticas. A tabela abaixo (Quadro 1) destaca os modelos mais proeminentes, seus objetivos, resultados obtidos, conclusões, lacunas identificadas e os autores associados.

Quadro 1: os principais métodos utilizados na literatura encontrada

Modelo - Tradução	Objetivo	Resultados	Conclusões	Lacunas	Autores
Computable General Equilibrium (CGE) - Equilíbrio Geral Computável (EGC)	Modelar a interação entre economia, energia e emissões	Projeções econômicas, emissões e uso de energia sob diferentes cenários	Subsídios para políticas de mitigação e adaptação	Simplificações na representação de comportamentos, incertezas nos parâmetros	ABUDU; WESSEH e LIN, 2022; CLORA <i>et al.</i> , 2021; ELISONDO <i>et al.</i> , 2020; OSHIRO e FUJIMORI, 2022; PEÑA-LÉVANO; TAHERIPOUR e TYNER, 2019; PRADHAN e GHOSH, 2021; SUGIYAMA <i>et al.</i> , 2019; WAŞ <i>et al.</i> , 2021.
Integrated assessment models (IAM) - Modelos de avaliação integrada	Modelar a interação entre economia, energia e emissões	Projeções econômicas, emissões e uso de energia sob diferentes cenários	Subsídios para políticas de mitigação e adaptação	Simplificações na representação de comportamentos, incertezas nos parâmetros	CUI <i>et al.</i> , 2022; WILLNER; GLANEMANN e LEVERMANN, 2021; HASEGAWA <i>et al.</i> , 2018; LUDERER <i>et al.</i> , 2018; RAFAJ <i>et al.</i> , 2021; SHIRAKI e SUGIYAMA, 2020; TAMAKI; NOZAWA e MANAGI, 2019; WEI <i>et al.</i> , 2018.
IMAGE integrated assessment model framework - Estrutura do modelo de avaliação integrada IMAGE	Modelar o uso da terra global, emissões e impactos das mudanças climáticas	Projeções de uso da terra, emissões e impactos ambientais	Informações para políticas de conservação e mitigação	Incertezas nos modelos de uso da terra e nas projeções climáticas	DAIOGLOU <i>et al.</i> , 2019; DOELMAN <i>et al.</i> , 2018; DOELMAN <i>et al.</i> , 2020; MÜLLER-CASSERES <i>et al.</i> , 2021; RAFAJ <i>et al.</i> , 2021; ROCHEDO <i>et al.</i> , 2021; ROELFSEMA <i>et al.</i> , 2018; ROELFSEMA <i>et al.</i> , 2022.
Life Cycle Assessment (LCA) - Análise de Ciclo de Vida (ACV)	Avaliar os impactos ambientais ao longo do ciclo de vida de produtos e serviços	Estimativas quantitativas dos impactos ambientais, como pegada de carbono, consumo de água	Fornecer informações para tomada de decisões mais sustentáveis em processos produtivos	Dependência de dados precisos, limitações na incorporação de todos os impactos relevantes	DI FULVIO <i>et al.</i> , 2019; GUO <i>et al.</i> , 2022; MARVUGLIA <i>et al.</i> , 2022; MORFELDT <i>et al.</i> , 2022; SHARMA; HUMPHREYS e HOLDEN, 2018; SOMÉ <i>et al.</i> , 2018; WEDDING <i>et al.</i> , 2021; WEIK <i>et al.</i> , 2022.
Soil and Water Assessment Tool (SWAT) - Ferramenta de Avaliação de Solo e Água	Integrar dados de sensoriamento remoto, índice de vegetação e modelagem hidrológica	Avaliar mudanças no uso da terra e impactos na hidrologia	Informações para gestão sustentável de recursos naturais	Limitações na resolução espacial e temporal pela complexidade do modelo pode causar incertezas nos resultados e na sua interpretação.	AHMAD <i>et al.</i> , 2022; JANTA <i>et al.</i> , 2022; MASUD <i>et al.</i> , 2019; MEHAN <i>et al.</i> , 2019; MFWANGO; AYENEW e MAHOO, 2022.

Fonte: elaborado pelos autores.

Além dos métodos mencionados no quadro 1 é importante destacar o papel significativo do modelo global de avaliação integrada denominado TIAM, que nos trabalhos encontrados buscou avaliar tecnologias de captura e armazenamento de carbono, custos, eficiência e impactos ambientais associados à captura de CO₂. Contribui com informações para o desenvolvimento de políticas de mitigação e possui como desafios técnicos, custos elevados e incertezas na capacidade de expansão ou adaptação conforme necessário (Butnar *et al.*, 2020; Dalla Longa *et al.*, 2022; Karatay e Meyer-Aurich, 2018; Kypreos *et al.*, 2018 e Nogueira; Longa e Van der Zwaan, 2020).

Esses achados fornecem uma visão abrangente dos métodos utilizados na literatura para analisar os impactos das ações de adaptação às mudanças climáticas, destacando tanto suas contribuições quanto suas limitações. Essa compreensão é essencial para orientar futuras pesquisas e aprimorar as estratégias de adaptação.

5. CONCLUSÕES

A revisão sistemática realizada, conforme as diretrizes PRISMA, proporcionou uma visão abrangente sobre os métodos utilizados na avaliação de programas de adaptação às mudanças climáticas, especialmente no contexto do agronegócio. Os resultados destacam a diversidade e complexidade das abordagens, refletindo a interdisciplinaridade necessária para compreender as dimensões econômicas, sociais e ambientais envolvidas.

Um dos principais achados foi a identificação de diferentes modelos de avaliação, cada um com objetivos específicos. Os Modelos de Avaliação Econômica (MAE) destacam-se na análise dos impactos financeiros associados a estratégias de adaptação, proporcionando *insights* sobre custos, benefícios e eficiência econômica (Ostberg *et al.*, 2018). Por outro lado, os Modelos Climáticos e de Emissões (MCE) desempenham um papel relevante na compreensão dos padrões climáticos globais e na quantificação das emissões de gases de efeito estufa (Kuenen *et al.*, 2021).

Os modelos integrados e de gestão global como o IAM, IMAGE e TIAM foram identificados como ferramentas essenciais para analisar cenários futuros, considerando variáveis inter-relacionadas nas dimensões climáticas, econômicas e sociais. Essa abordagem holística destaca a importância de considerar múltiplos fatores na formulação de estratégias adaptativas eficazes.

Além disso, os modelos hidrológicos e agrícolas como o SWAT foram reconhecidos por seu papel fundamental na avaliação dos impactos das mudanças climáticas na disponibilidade de água e nas condições agrícolas. A busca por estratégias sustentáveis foi enfatizada pelos Modelos de Avaliação Ambiental e Sustentabilidade que contribuem para a identificação de opções mais sustentáveis e o desempenho ambiental de estratégias de adaptação.

A análise da produção científica revelou uma tendência de crescimento na produção de artigos ao longo dos anos, atingindo um pico em 2021. A distribuição geográfica destacou a participação significativa de países como Reino Unido, Estados Unidos e Países Baixos, indicando um interesse global na avaliação de métodos de adaptação.

A análise bibliométrica e a revisão sistemática permitiram a identificação de temas recorrentes na pesquisa, como mitigação de carbono, modelos integrados, energia e combustíveis, avaliação econômica, impactos regionais, COVID-19 e recuperação econômica, entre outros. Esses temas refletem a amplitude de preocupações e abordagens

na literatura, indicando a necessidade de considerar uma variedade de aspectos na avaliação de programas de adaptação.

A análise de palavras-chave e a nuvem de palavras revelaram a complexidade dos tópicos explorados, destacando termos como mitigação das mudanças climáticas, modelagem integrada, desenvolvimento econômico sustentável, eficiência de carbono e questões regionais específicas. Essa diversidade de temas sublinha a necessidade de uma abordagem interdisciplinar na pesquisa sobre adaptação climática no contexto do agronegócio.

A análise de autores revelou pesquisadores e grupos de pesquisa que contribuíram significativamente para o campo de mudanças climáticas, sustentabilidade e modelagem integrada. Destacaram-se autores como Detlef P. van Vuuren, Shinichiro Fujimori e Jonathan C. Doelman, indicando sua influência e liderança em pesquisas relacionadas a cenários de emissões, energia e políticas climáticas.

No que diz respeito aos métodos específicos identificados na literatura revisada, como Computable General Equilibrium (CGE), Modelos de Avaliação Integrada (IAM), Estrutura do Modelo de Avaliação Integrada IMAGE, Análise de Ciclo de Vida (LCA) e a Ferramenta de Avaliação de Solo e Água (SWAT), cada um apresenta vantagens e limitações. Por exemplo, os modelos CGE e IAM oferecem projeções econômicas e de emissões, mas podem simplificar o comportamento humano. A ACV fornece uma avaliação abrangente dos impactos ambientais, mas depende de dados precisos. A SWAT integra dados de sensoriamento remoto e modelagem hidrológica para avaliar mudanças no uso da terra, mas enfrenta limitações na resolução espacial.

A tabela de métodos destaca a necessidade contínua de aprimorar e adaptar abordagens existentes, levando em consideração as complexidades dinâmicas das mudanças climáticas e do agronegócio. A seleção apropriada de métodos dependerá dos objetivos específicos de cada estudo, bem como da disponibilidade de dados e recursos.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- [1] ABUDU, H.; WESSEH JR, P. K.; LIN, B. Climate pledges versus commitment: Are policy actions of Middle-East and North African countries consistent with their emissions targets?. **Advances in Climate Change Research**, v. 13, n. 4, p. 612-621, 2022.
- [2] AHMAD, F.; TALUKDAR, N. R.; GOPARAJU, L.; BIRADAR, C.; DHYANI, S. K.; RIZVI, J. GIS-Based assessment of land-agroforestry potentiality of Jharkhand State, India. **Regional Sustainability**, v. 3, n. 3, p. 254-268, 2022.
- [3] BUTNAR, I.; BROAD, O.; SOLANO RODRIGUEZ, B.; DODDS, P. E. The role of bioenergy for global deep decarbonization: CO2 removal or low-carbon energy?. **GCB Bioenergy**, v. 12, n. 3, p. 198-212, 2020.
- [4] CLORA, F.; YU, W.; BAUDRY, G.; COSTA, L. Impacts of supply-side climate change mitigation practices and trade policy regimes under dietary transition: the case of European agriculture. **Environmental Research Letters**, v. 16, n. 12, p. 124048, 2021.
- [5] CUI, R. Y.; WALDHOFF, S.; CLARKE, L.; HULTMAN, N.; PATWARDHAN, A.; GILMORE, E. A. Evaluating the regional risks to food availability and access from land-based climate policies in an integrated assessment model. **Environment Systems and Decisions**, v. 42, n. 4, p. 547-555, 2022.

- [6] DAIOGLOU, V.; DOELMAN, J. C.; WICKE, B.; FAAIJ, A.; VAN VUUREN, D. P. Integrated assessment of biomass supply and demand in climate change mitigation scenarios. **Global Environmental Change**, v. 54, p. 88-101, 2019.
- [7] DALLA LONGA, F.; FRAGKOS, P.; NOGUEIRA, L. P.; VAN DER ZWAAN, B. System-level effects of increased energy efficiency in global low-carbon scenarios: A model comparison. **Computers & Industrial Engineering**, v. 167, p. 108029, 2022.
- [8] DI FULVIO, F.; FORSELL, N.; KOROSUO, A.; OBERSTEINER, M.; HELLWEG, S. Spatially explicit LCA analysis of biodiversity losses due to different bioenergy policies in the European Union. **Science of the total environment**, v. 651, p. 1505-1516, 2019.
- [9] DOELMAN, J. C.; STEHFEST, E.; VAN VUUREN, D. P.; TABEAU, A.; HOF, A. F.; BRAAKHEKKE, M. C.; GERNAAT, D. E. H. J.; VAN DEN BERG, M.; VAN ZEIST, W. J.; DAIOGLOU, V.; VAN MEIJL, H.; LUCAS, P. L. Afforestation for climate change mitigation: Potentials, risks and trade-offs. **Global Change Biology**, v. 26, n. 3, p. 1576-1591, 2020.
- [10] DOELMAN, J. C.; STEHFEST, E.; TABEAU, A.; VAN MEIJL, H.; LASSALETTA, L.; GERNAAT, D. E. H. J.; HERMANS, K.; HARMSSEN, M.; DAIOGLOU, V.; BIEMANS, H.; VAN DER SLUIS, S.; VAN VUUREN, D. P. Exploring SSP land-use dynamics using the IMAGE model: Regional and gridded scenarios of land-use change and land-based climate change mitigation. **Global Environmental Change**, v. 48, p. 119-135, 2018.
- [11] ELIZONDO, A.; IBARRARÁN, M. E.; BOYD, R. Mitigation measures of greenhouse gases adopted in the farming sector: economic assessment and impact in Mexico. **Agricultura Sociedad y Desarrollo**, v. 17, p. 513-532, 2020.
- [12] GUO, C.; BAI, Z.; WANG, X.; ZHANG, W.; CHEN, X.; LAKSHMANAN, P.; MA, L.; LU, J.; LIU, B.; SHI, X.; CHEN, X. Spatio-temporal assessment of greenhouse gas emission from rapeseed production in China by coupling nutrient flows model with LCA approach. **Food and Energy Security**, v. 11, n. 3, p. e398, 2022.
- [13] HASEGAWA, T.; FUJIMORI, S.; HAVLÍK, P.; VALIN, H.; BODIRSKY, B. L.; DOELMAN, J. C.; FELLMANN, T.; KYLE, P.; KOOPMAN, J. F. L.; LOTZE-CAMPEN, H.; MASON-D'CROZ, D.; OCHI, Y.; PÉREZ-DOMÍNGUEZ, I.; STEHFEST, E.; SULSER, T. B.; TABEAU, A.; TAKAHASHI, K.; TAKAKURA, J.; VAN MEIJL, H.; VAN ZEIST, W. J.; WIEBE, K.; WITZKE, P. Risk of increased food insecurity under stringent global climate change mitigation policy. **Nature climate change**, v. 8, n. 8, p. 699-703, 2018.
- [14] JANTA, R.; KHWANCHUM, L.; DITTHAKIT, P.; AL-ANSARI, N.; NGUYỄN, T. T. L. Water Yield Alteration in Thailand's Pak Phanang Basin Due to Impacts of Climate and Land-Use Changes. **Sustainability**, v. 14, n. 15, p. 9106, 2022.
- [15] KARATAY, Y. N.; MEYER-AURICH, A. A model approach for yield-zone-specific cost estimation of greenhouse gas mitigation by nitrogen fertilizer reduction. **Sustainability**, v. 10, n. 3, p. 710, 2018.
- [16] KUENEN, J.; DELLAERT, S.; VISSCHEDIJK, A.; JALKANEN, J. P.; SUPER, I.; DENIER VAN DER GON, H. CAMS-REG-v4: A state-of-the-art high-resolution European emission inventory for air quality modelling. **Earth System Science Data Discussions**, v. 2021, p. 1-37, 2021.
- [17] KYPREOS, S.; GLYNN, J.; PANOS, E.; GIANNAKIDIS, G.; GALLACHÓIR, B. O. Efficient and equitable climate change policies. **Systems**, v. 6, n. 2, p. 10, 2018.
- [18] LUDERER, G.; VRONTISI, Z.; BERTRAM, C.; EDELENBOSCH, O. Y.; PIETZCKER, R. C.; ROGELJ, J.; DE BOER, H. S.; DROUET, L.; EMMERLING, J.; FRICKO, O.; FUJIMORI, S.; HAVLÍK, P.; IYER, G.; KERAMIDAS, K.; KITOUS, A.; PEHL, M.; KREY, V.; RIAHI, K.; SAVEYN, B.; TAVONI, M.; VAN VUUREN, D. P.; KRIEGLER, E. Residual fossil CO₂ emissions in 1.5–2 °C pathways. **Nature Climate Change**, v. 8, n. 7, p. 626-633, 2018.
- [19] MARVUGLIA, A.; BAYRAM, A.; BAUSTERT, P.; GUTIÉRREZ, T. N.; IGOS, E. Agent-based modelling to simulate farmers' sustainable decisions: Farmers' interaction and resulting green consciousness evolution. **Journal of Cleaner Production**, v. 332, p. 129847, 2022.
- [20] MASUD, M. B.; WADA, Y.; GOSS, G.; FARAMARZI, M. Global implications of regional grain production through virtual water trade. **Science of the Total Environment**, v. 659, p. 807-820, 2019.
- [21] MEHAN, S.; AGGARWAL, R.; GITAU, M. W.; FLANAGAN, D. C.; WALLACE, C. W.; FRANKENBERGER, J. R. Assessment of hydrology and nutrient losses in a changing climate in a subsurface-drained watershed. **Science of the Total Environment**, v. 688, p. 1236-1251, 2019.

- [22] MFWANGO, L. H.; AYENEW, T.; MAHOO, H. F. Impacts of climate and land use/cover changes on streamflow at Kibungo sub-catchment, Tanzania. **Heliyon**, v. 8, n. 11, 2022.
- [23] MORFELDT, J.; SHOMAN, W.; JOHANSSON, D. J.; YEH, S.; KARLSSON, S. If Electric Cars Are Good for Reducing Emissions, They Could Be Even Better with Electric Roads. **Environmental Science & Technology**, v. 56, n. 13, p. 9593-9603, 2022.
- [24] MÜLLER-CASSERES, E.; EDELENBOSCH, O. Y.; SZKLO, A.; SCHAEFFER, R.; VAN VUUREN, D. P. Global futures of trade impacting the challenge to decarbonize the international shipping sector. **Energy**, v. 237, p. 121547, 2021.
- [25] NOGUEIRA, L. P.; DALLA LONGA, F.; VAN DER ZWAAN, B. A cross-sectoral integrated assessment of alternatives for climate mitigation in Madagascar. **Climate Policy**, v. 20, n. 10, p. 1257-1273, 2020.
- [26] OSHIRO, K.; FUJIMORI, S. Role of hydrogen-based energy carriers as an alternative option to reduce residual emissions associated with mid-century decarbonization goals. **Applied Energy**, v. 313, p. 118803, 2022.
- [27] OSTBERG, S.; SCHEWE, J.; CHILDERS, K.; FRIELER, K. Changes in crop yields and their variability at different levels of global warming. **Earth System Dynamics**, v. 9, n. 2, p. 479-496, 2018.
- [28] PEÑA-LÉVANO, L. M.; TAHERIPOUR, F.; TYNER, W. E. Climate change interactions with agriculture, forestry sequestration, and food security. **Environmental and Resource Economics**, v. 74, p. 653-675, 2019.
- [29] PRADHAN, B. K.; GHOSH, J. COVID-19 and the Paris Agreement target: A CGE analysis of alternative economic recovery scenarios for India. **Energy Economics**, v. 103, p. 105539, 2021.
- [30] RAFAJ, P.; KIESEWETTER, G.; KREY, V.; SCHOEPP, W.; BERTRAM, C.; DROUET, L.; FRICKO, O.; FUJIMORI, S.; HARMSSEN, M.; HILAIRE, J. Air quality and health implications of 1.5° C–2° C climate pathways under considerations of ageing population: a multi-model scenario analysis. **Environmental Research Letters**, v. 16, n. 4, p. 045005, 2021.
- [31] RIAHI, K.; VAN VUREN, D. P.; KRIEGLER, E.; EDMONDS, J.; O'NEILL, B. C.; FUJIMORI, S.; BAUER, N.; CALVIN, K.; DELLINK, R.; FRICKO, O.; LUTZ, W.; POPP, A.; CUARESMA, J. C.; SAMIR, K.C.; LEIMBACH, M.; JIANG, L.; KRAM, T.; RAO, S.; EMMERLING, J.; EBI, K.; TAVONI, M. The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. *Global environmental change*, v. 42, p. 153-168, 2017.
- [32] ROCHEDO, P. R.; FRAGKOS, P.; GARAFFA, R.; COUTO, L. C.; BAPTISTA, L. B.; CUNHA, B. S. L.; SCHAEFFER, R.; SZKLO, A. Is green recovery enough? Analysing the impacts of post-COVID-19 economic packages. **Energies**, v. 14, n. 17, p. 5567, 2021.
- [33] ROELFSEMA, M.; VAN SOEST, H. L.; DEN ELZEN, M.; DE CONINCK, H.; KURAMOCHI, T.; HARMSSEN, M.; DAFNOMILIS, I.; HÖHNE, N.; VAN VUUREN, D. P. Developing scenarios in the context of the Paris Agreement and application in the integrated assessment model IMAGE: a framework for bridging the policy-modelling divide. **Environmental Science & Policy**, v. 135, p. 104-116, 2022.
- [34] SHARMA, P.; HUMPHREYS, J.; HOLDEN, N. M. The environmental impact of dairy production on poorly drained soils under future climate scenarios for Ireland. **Journal of environmental management**, v. 223, p. 625-632, 2018.
- [35] SHIRAKI, H.; SUGIYAMA, M. Back to the basic: toward improvement of technoeconomic representation in integrated assessment models. **Climatic Change**, v. 162, n. 1, p. 13-24, 2020.
- [36] SOMÉ, A.; DANDRES, T.; GAUDREAU, C.; MAJEAU-BETTES, G.; WOOD, R.; SAMSON, R. Coupling Input-Output Tables with Macro-Life Cycle Assessment to Assess Worldwide Impacts of Biofuels Transport Policies. **Journal of Industrial Ecology**, v. 22, n. 4, p. 643-655, 2018.
- [37] SUGIYAMA, M.; FUJIMORI, S.; WADA, K.; ENDO, S.; FUJII, Y.; KOMIYAMA, R.; KATO, E.; KUROSAWA, A.; MATSUO, Y.; OSHIRO, K.; SANO, F.; SHIRAKI, H. Japan's long-term climate mitigation policy: multi-model assessment and sectoral challenges. **Energy**, v. 167, p. 1120-1131, 2019.
- [38] TAMAKI, T.; NOZAWA, W.; MANAGI, S. Controlling CO₂ emissions for each area in a region: The case of Japan. *Carbon balance and management*, v. 14, p. 1-13, 2019.
- [39] WAŚ, A.; KRUPIN, V.; KOBUS, P.; WITAJEWSKI-BALTVILKS, J.; JESZKE, R.; SZCZEPAŃSKI, K. Towards climate neutrality in Poland by 2050: Assessment of policy implications in the farm sector.

Energies, v. 14, n. 22, p. 7595, 2021.

[40] WEDDING, L. M.; MORITSCH, M.; VERUTES, G.; ARKEMA, K.; HARTGE, E.; REIBLICH, J.; DOUGLASS, J.; TAYLOR, S.; STRONG, A. L. Incorporating blue carbon sequestration benefits into sub-national climate policies. **Global Environmental Change**, v. 69, p. 102206, 2021.

[41] WEI, Y. M.; HAN, R.; LIANG, Q. M.; YU, B. Y.; YAO, Y. F.; XUE, M. M.; KUN, Z.; LIU, L. J.; PENG, J.; YANG, P.; MI, Z. F.; DU, Y. F.; WANG, C.; CHANG, J. J.; YANG, Q. R.; YANG, Z.; SHI, X.; XIE, W.; LIU, C.; MA, Z.; TAN, J.; WANG, W.; TANG, B. J.; CAO, Y. F.; WANG, M.; WANG, J. W.; KANG, J. N.; WANG, K.; LIAO, H. An integrated assessment of INDCs under Shared Socioeconomic Pathways: an implementation of C 3 IAM. **Natural Hazards**, v. 92, p. 585-618, 2018.

[42] WEIK, J.; LASK, J.; PETIG, E.; SEEGER, S.; VIDAURRE, N. M.; WAGNER, M.; WEILER, M.; BAHR, E.; LEWANDOWSKI, I.; ANGENENDT, E. Implications of large-scale miscanthus cultivation in water protection areas: A Life Cycle Assessment with model coupling for improved policy support. **GCB Bioenergy**, v. 14, n. 11, p. 1162-1182, 2022.

[43] WILLNER, S. N.; GLANEMANN, N.; LEVERMANN, A. Investment incentive reduced by climate damages can be restored by optimal policy. **Nature Communications**, v. 12, n. 1, p. 3245, 2021.

Capítulo 4

A utilização de equipamentos de medição de pressão no monitoramento da continuidade do abastecimento de água: uma ferramenta tecnológica para a garantia do acesso ao direito à água: estudo de caso em Varjota – Ceará

Francisco Edirlan de Sousa Freitas

Aldenor Nunes Freire Neto

Rodrigo Osvald Santos de Sousa

Emerson Santos da Conceição

Resumo: O presente trabalho investigou a eficiência da utilização de equipamentos tecnológicos para o monitoramento de pressões na rede de distribuição, como uma ferramenta de garantia do direito ao acesso à água. O estudo foi realizado no município de Varjota no Estado do Ceará. A pesquisa teve como objetivo mostrar os benefícios de ferramentas tecnológicas aplicadas no Saneamento Ambiental e buscar entender os processos relacionados ao monitoramento da continuidade no abastecimento de água. As etapas para o planejamento, confecção, utilização e acompanhamento das pressões na rede de distribuição do Sistema de Abastecimento de Água - SAA, foram rigorosamente seguidas, com o objetivo de alcançar o que havia sido proposto. A pesquisa foi realizada no SAA do Município de Varjota e dividida em algumas etapas para melhor compreensão, de forma sistemática e organizada identificando e executando as etapas conforme cronograma proposto. Apesar de ainda pouco utilizado, os equipamentos de medição de pressões digitais com aquisição e transmissão de coleta de dados, mostraram-se eficientes no monitoramento da continuidade do abastecimento de água, as informações transmitidas via internet foram importantes para o armazenamento e criação de um histórico. Os resultados das análises críticas e dos tratamentos estatísticos demonstram o direito e ao acesso à água tratada para o consumo sendo obedecidos, dando a população da área estudada a garantia de serviços básicos fundamenta, como é o caso do Saneamento Ambiental.

Palavras-chave: abastecimento, continuidade, água, acesso, direito.

1. INTRODUÇÃO

Devido ao grande crescimento populacional, do desenvolvimento tecnológico e industrial dos últimos anos, bem como da intensa e extensa exploração dos recursos naturais, o meio ambiente como um todo tem sentido diversos impactos. Além disso, as grandes devastações do meio ambiente em todo o planeta afeta de forma direta ou indiretamente todas as áreas em sua plenitude da vida humana e animal; cria condições contrárias para atividades sociais e econômicas. Um dos exemplos que pode ser citado e torna-se uma grande desafio para a sociedade moderna é a contaminação de águas naturais, em mananciais superficiais (lagos, rios e represas) ou subterrâneas (aquíferos ou poços tubulares), que traz inúmeros e variados riscos à população usuária desses recursos hídricos, bem como quanto ao meio ambiente (Freitas, 2023).

A água em nosso planeta encontra-se disponível em diversos estados de agregação da matéria, sendo ele sólido, líquido ou gasoso, é uma das substâncias mais comuns existentes na natureza, compreendendo em torno de 70% da área superfície terrestre. É classificado como um recurso natural renovável por meio do ciclo hidrológico [2].

Apesar de parecer uma disponibilidade razoável de água no planeta, as condições em diversas regiões do Mundo é bem variada, da mesma forma na Região Nordeste do Brasil que ainda atravessa algumas problemáticas em relação a disponibilidade de água, não trata-se somente de qualidade e sim de quantidade. De ante dessa complexidade, faz-se necessário encontrar meios tecnológicos para realizar o monitoramento dos sistemas de abastecimento de água – SAA.

No estado do Ceará, a Resolução Nº 130, de 25 de março de 2010, estabelece as condições gerais na prestação e utilização dos serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário. Esta Resolução destina-se a estabelecer as condições gerais a serem observadas na prestação e utilização dos serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário pelos prestadores de serviços, regulados pela Agência Reguladora dos Serviços Públicos Delegados do Estado do Ceará - ARCE e disciplinar o relacionamento entre estes e os usuários. O Art. 120 - O fornecimento de água deverá ser realizado mantendo uma pressão dinâmica disponível mínima de 10 mca (dez metros de coluna de água) referida ao nível do eixo da via pública, em determinado ponto da rede pública de abastecimento de água, sob condição de consumo não nulo. § 1º - A pressão estática máxima não poderá ultrapassar a 50 mca (cinquenta metros de coluna de água) referida ao nível do eixo da via pública, em determinado ponto da rede pública de abastecimento de água, sob condição de consumo nulo. § 2º - O prestador de serviços será dispensado do cumprimento do requisito a que se refere o caput deste artigo, caso comprove que:

- I. a baixa pressão ocorreu por período não superior a uma hora contínua devido às demandas de pico locais, com um limite de duas vezes para cada vinte e quatro horas;
- II. a baixa pressão está associada a uma fuga identificada ou a um corte de energia elétrica não atribuído ao prestador de serviços;
- III. a baixa pressão ocorreu devido as obras de reparação, manutenção ou construções novas, desde que o prestador de serviços tenha dado o aviso prévio de quarenta e oito horas aos usuários afetados;
- IV. a baixa pressão tenha sido ocasionada por fatos praticados ou atribuídos a terceiros não vinculados ao prestador de serviços e sem seu consentimento.

Atualmente existem no mercado diversos equipamento que monitoram em tempo real as pressões na rede de distribuição de água, utilizando diversas tecnologias disponíveis no mercado. Essas ferramentas são verdadeiras aliadas para o monitoramento da continuidade no abastecimento de água, além de identificar qualquer anomalia, fazendo com que os prestadores de serviços fiquem mais atentos as necessidades de manutenções ou melhorias operacionais.

Da mesma forma, essa ferramenta pode e deve ser uma aliada para fiscalizações da sociedade civil, agências reguladores que fiscalizam os serviços prestados, bem como uma estratégia de medição e avaliação da qualidade do serviço prestado, cabendo a todos a dever de exigir condições do fornecimento em acordo com a legislação vigente.

O presente trabalho busca estudar a utilização de equipamentos de medição de pressão no monitoramento da continuidade do abastecimento de água, utilizando essa ferramenta com mecanismo tecnológico para garantia do direito ao acesso à água. O estudo foi realizado no Município de Varjota, no estado do Ceará.

2. OBJETIVOS

- Mostrar os benefícios de ferramentas tecnológicas aplicadas no Saneamento Ambiental;
- Buscar entender os processos relacionados ao monitoramento da continuidade no abastecimento de água;
- Entender os direitos relacionados ao acesso à água;
- Explicar conceitos relacionados a legislação ambiental.

3. METODOLOGIA

As pesquisas quantitativas consistem na mensuração de dados, tendo como cerne a fonte de conexão entre a observação empírica e as expressões matemáticas das informações geradas ao longo do processo. De acordo com Prodanov e Freitas (2013), as atividades de coleta de dados e análise crítica dos números ou quantidade de encontradas no estudo norteiam e caracterizam esse tipo de pesquisa.

Quanto a natureza da pesquisa aplicada, ela objetiva produzir novos conhecimentos no campo científico, mas o princípio fundamental é colocar em práticas o produto ou sapiência a fim de solucionar problemas presentes na sociedade. Existem, portanto, um grande interesse nas pesquisas que busquem essa prática, de forma geral, as pesquisas que são aplicadas suprem o desejo e os anseios de um determinado grupo ou lugar.

A gênese das pesquisas quantitativas dar-se pela determinação de forma quantitativa do tamanho da amostra e em seguida pela coleta de dados que geram informações numérica ou quantitativas. Esse conjunto de dados serão analisados através de técnicas estatísticas, matemáticas e ferramentas computacionais que são artifícios fundamentais para a conclusão do trabalho científico proposto. Nesse contexto, faz-se uso de fórmulas, gráficos, tabelas e cálculos de probabilidades, empregando softwares específicos para tal finalidade. Finalizando com os dados devidamente tratados e analisados, gerando hipóteses, probabilidades que podem resultar em aceitação ou rejeição das teses, validando-a ou não.

A pesquisa foi realizada no Sistema de Abastecimento de Água no Município de Varjota e dividida em algumas etapas para melhor compreensão, de forma sistemática e organizada identificando e executando as etapas conforme cronograma proposto.

3.1. ETAPA 01: VERIFICAÇÃO DOS PONTOS CRÍTICOS (CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA)

Essa etapa é de fundamental importância para início dos estudos relacionados a temática em questão, pois através dele dar-se-á os primeiros passos para o direcionamento da pesquisa, levando para caminhos e etapas futuras com o objetivo de obter resultados concisos, reprodutíveis e principalmente confiáveis. Esse trabalho inicia-se com a observação da planta de rede de distribuição de água do Sistema de Abastecimento. Nela contará com as informações relevantes de como o próprio Sistema está disposto no espaço. Superada essa análise crítica, é faz-se necessário identificar as pontas de rede, locais com topográfica acidentada e o distanciamento do reservatório que abastece a região de estudo.

3.2. ETAPA 02: AQUISIÇÃO DE EQUIPAMENTOS

As especificações técnicas corretas dos equipamentos que serão utilizados em campo proporcionará além da assertividade na ação proposta, maior confiabilidade os dados coletados e gerados pois devido o ponto de vista operacional, levando em consideração as manutenções preventivas e corretivas futuras, essas características de durabilidade e resistência do próprio equipamento é imprescindível, visto que são expostos a diversos intemperismos ao longo de sua vida útil.

3.3. ETAPA 03: PLANEJAMENTO E ORGANIZAÇÃO DAS ATIVIDADES DE CAMPO

De posse das informações previamente coletas em campo e tratadas posteriormente, passa-se para a etapa de planejamento e organização das atividades em campo, essa fase do processo exige dos responsáveis um controle e conhecimento para que não tenha ausência de nenhum item necessário a execução da atividade. Com base nas informações e levantamentos de materiais, o *check-list*, que direcionará as atividades. Além da questão dos materiais e equipamentos envolvidos, também faz-se necessário dimensionar os recursos humanos, parte fundamental. Além da quantidade, as pessoas com qualificações necessárias.

3.4. ETAPA 04: EXECUÇÃO DO PLANEJAMENTO

Para executar as atividades foi necessário seguir todas as etapas anteriores previstas no planejamento, com o objetivo de entender, compreender para assim colocar em prática o que foi desenhado nas concepções anteriores.

3.5. ETAPA 05: ACOMPANHAMENTO, MONITORAMENTO E TRATAMENTO ESTATÍSTICOS DOS DADOS

Depois ter seguido as etapas de concepções, aquisições, planejamento e execução, faz-se necessário o acompanhamento e monitoramento dos dados, para assim serem trabalhados estatisticamente, tais como média, variância, desvio padrão e mediada, dessa forma transforme-se em ferramentas indispensáveis nas tomadas de decisões. Dessa forma a coleta dos dados de pressão são realizados por equipamentos instalados nos pontos críticos e de forma remota esses dados são enviados, por sinal de internet 3G ou 4G, para um servidor e assim o analista conseguir extrair de um supervisório (software) de um computador com acesso à internet.

4. RESULTADOS

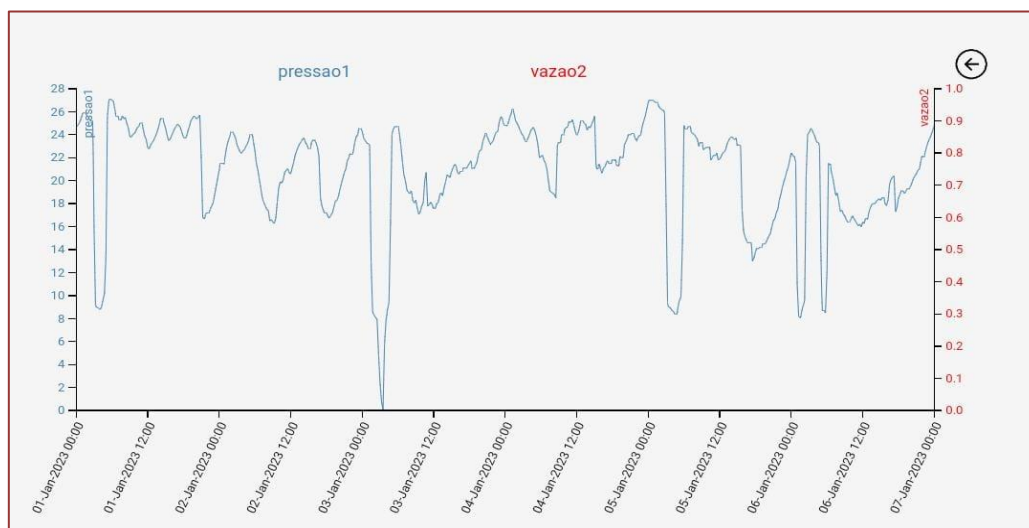
De acordo com a ABNT, NBR 12218/1994, esta Norma fixa as condições exigíveis na elaboração de projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público, a pressão estática máxima na rede hidráulica deve ser de 50 mca (metro de coluna d'água) e a pressão mínima dinâmica de 10 mca. Contudo, observa-se que a pressão dinâmica mínima é recomendada ser maior ou igual a 15 mca para facilitar a chegada até os reservatórios das edificações residenciais com 2 ou 3 pavimentos.

Os valores encontrados na Tabela 1, expressa as pressões para os sete dias da semana, realizado um tratamento estatístico, visto que as aquisições dos dados serão realizados no intervalo de 15 minutos. Na Figura 1, os dados plotados graficamente representam os módulos das pressões em mca (metro de coluna de água) ao longo da semana estuda.

Tabela 1: Valores Notáveis de Pressão na Rede de Distribuição de Água – 1ª Semana Jan/2023

Dias da Semana	Pressão em M.C.A (metros de coluna de água)					
	MÉDIA	MÁX	MÍN	MEDIANA	DESVIO PADRÃO	LEGISLAÇÃO
DOMINGO	22,50	27,00	9,00	25,00	6,375	DE ACORDO
SEGUNDA	22,22	24,00	17,00	23,00	2,333	DE ACORDO
TERÇA	20,67	24,00	18,00	20,00	2,338	DE ACORDO
QUARTA	22,78	25,00	19,00	23,50	1,833	DE ACORDO
QUINTA	20,00	27,00	9,00	23,00	7,014	DE ACORDO
SEXTA	19,60	24,00	11,00	19,50	4,195	DE ACORDO
SÁBADO	15,82	25,00	7,00	16,00	6,353	DE ACORDO

Fonte: Autor.

Figura 1: Gráfico de Medição de Pressão

Fonte: Sistema de Monitoramento.

Os equipamentos de medição de pressão de água podem ser analógicos ou digitais, conforme mostrados nas Figuras 02 e 03, podendo ser ainda de coleta de dados de forma manual ou automatizados, esses por último, necessitam de equipamentos de comunicação com sinais à rádio ou sendo via internet.

Figura 2: Medidor de Pressão Digital

Fonte: Autor do Trabalho.

Figura 3: Medidor de Pressão Analógico

Fonte: Autor do Trabalho.

As pressões variam de acordo com a condição de Sistema de Abastecimento de Água, horários de maior consumo, como função das vazões de consumo, que dependem do consumo per capita, da estimativa do número de habitantes, das variações de demanda e de consumos que podem ocorrer na área de estudo, também chamados de vazões especiais ou de consumo pontual. Tradicionalmente, os consumidores são divididos em quatro categorias (doméstico, comercial, industrial e público) porém, pode variar de

acordo com as Agências Reguladoras de cada Estado, que servem para o estabelecimento de políticas tarifárias e cobranças diferenciadas (Furusawa, 2011).

O acesso à água potável e de qualidade, ao saneamento básico é um direito humano essencial, fundamental e universal, indispensável à vida com dignidade de todos e reconhecido pela ONU como “condição para o gozo pleno da vida e dos demais direitos humanos” (Resolução 64/A/RES/64/292, de 28.07.2010).

Conforme as Tabelas 2 e 3, o abastecimento de água na localidade onde foi instalado o medidor de pressão permaneceu constante, tendo pequenas variações em seus valores máximos e mínimos, porém sem prejudicar o abastecimento e nem comprometer o acesso ao direto à água, fundamental para as atividades diárias.

Tabela 2: Valores Notáveis de Pressão na Rede de Distribuição de Água – 1ª Semana
Fev/2023

Dias da Semana	Pressão em M.C.A (metros de coluna de água)					
	MÉDIA	MÁX	MÍN	MEDIANA	DESVIO PADRÃO	LEGISLAÇÃO
QUINTA	15,25	31,00	6,00	10,50	9,382	DE ACORDO
SEXTA	10,88	22,00	0,00	12,00	8,725	DE ACORDO
SÁBADO	17,40	23,00	7,00	20,00	5,011	DE ACORDO
DOMINGO	10,67	24,00	6,00	7,00	5,990	DE ACORDO
SEGUNDA	20,25	23,00	18,00	20,00	1,909	DE ACORDO
TERÇA	16,64	25,00	8,00	19,00	6,947	DE ACORDO
QUARTA	13,50	16,00	9,00	14,00	2,510	DE ACORDO

Fonte: Autor

Tabela 3: Valores Notáveis de Pressão na Rede de Distribuição de Água – 1ª Semana
Março/202.

Dias da Semana	Pressão em M.C.A (metros de coluna de água)					
	MÉDIA	MÁX	MÍN	MEDIANA	DESVIO PADRÃO	LEGISLAÇÃO
QUINTA	18,85	22,00	9,00	20,00	4,220	DE ACORDO
SEXTA	12,91	24,00	0,00	19,00	10,895	DE ACORDO
SÁBADO	0,90	18,00	0,00	1,00	6,008	DE ACORDO*
DOMINGO	16,10	23,00	9,00	15,50	4,122	DE ACORDO
SEGUNDA	20,50	26,00	10,00	20,50	4,743	DE ACORDO
TERÇA	17,45	26,00	8,00	19,00	7,725	DE ACORDO
QUARTA	22,00	27,00	19,00	21,00	2,864	DE ACORDO

Fonte: Autor.

5. CONCLUSÕES

Apesar de ainda pouco utilizado, os equipamentos de medição de pressões digitais com aquisição e transmissão de coleta de dados, mostraram-se eficientes no monitoramento da continuidade do abastecimento de água, as informações transmitidas via internet foram importantes para o armazenamento e criação de um histórico. Os resultados das análises críticas e dos tratamentos estatísticos demonstram o direito e ao acesso à água tratada para o consumo sendo obedecidos, dando a população da área estudada a garantia de serviços básicos fundamentais, como é o caso do Saneamento Ambiental.

Recomenda-se para trabalhos futuros, medições de pressão em mais pontos com diferentes locais no município estudado, variando as diferentes áreas como cotas geométricas para avaliar com maior precisão a ocorrência de índices elevados ou baixos de pressão, pontas de rede e outros locais mais distantes quem também são abastecimento pelo mesmo sistema. Outro ponto interessante seria prolongar o intervalo de medições e estudos, durante várias semanas. Para isso, seria necessária a montagem de mais pontos de monitoramento e sistema automatizado de leituras.

REFERÊNCIAS

- [1] TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 3 ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. 643p
- [2] Resolução da Assembleia Geral da ONU A/RES/64/292. Julho de 2010.
- [3] ABNT – Associação Brasileira de Norma Técnicas. **Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público** – NBR 12218. Rio de Janeiro. 29/08/1994. 4p.
- [4] PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. Novo Hamburgo, RS: Feevale, 2013.
- [5] FURUSAWA, Rubens Tadashi. **Contribuição ao dimensionamento de rede de distribuição de água por critério de custo global**. 2011. 207 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. GARCEZ, Lucas Nogueira. Elementos de engenharia hidráulica e sanitária. 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1974 356p.
- [6] S. Li,X. Chen,V.P. Singh,X. Qi,L. Zhang, **Tradeoff for water resources allocation based on updated probabilistic assessment of matching degree between water demand and water availability**, Sci. Total Environ. 716(2020) 134923, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134923>
- [7] BRAGA JR., Benedito P. F. et al. **Introdução à engenharia ambiental**. . São Paulo: Prentice Hall. . Acesso em: 26 ago. 2023. , 2002.
- [8] Resolução ARCE nº 130/10. Fortaleza, 2023. Disponível em: < <http://www.arce.ce.gov.br/index.php/legislacao/category/11-resolucoes?start=60>>. Acesso em: 30 set. 2023.

Capítulo 5

O modelo DPSIR como possibilidade de elucidação do potencial da educação ambiental nas reduções das pressões ambientais da Lagoa da Conceição

Gabriela Oliveira Valença

Rodrigo de Almeida Mohedano

Paulo Belli Filho

Resumo: As lagoas costeiras ocupam 13% da costa global e ao longo dos anos têm sido impactadas com a urbanização, o turismo, a aquicultura, agricultura. A Lagoa da Conceição, localizada em Florianópolis (SC) é um exemplo de laguna brasileira que tem sido afetada nos últimos anos pela urbanização e o escoamento de esgoto sanitário. Para se assegurar à comunidade um meio ambiente ecologicamente equilibrado e sua preservação, incumbiu-se ao Poder Público promover a Educação Ambiental, a conscientização pública, para a preservação do meio ambiente. Apesar de existir arcabouço legal, ainda faltam mecanismos para avaliar as ações de EA e sua efetividade. Assim, esta revisão tem como objetivo expor características sobre o modelo DPSIR, como as pesquisas recentes tem utilizado esse modelo, e se ele seria uma possibilidade viável para avaliar os efeitos da EA quando aplicada no cenário da Lagoa da Conceição. O Modelo de indicadores DPSIR foi desenvolvido pela Agência Europeia do Ambiente, a partir de uma adaptação do Modelo PSR desenvolvido pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE, e é útil para descrever as relações entre as origens e as consequências dos problemas ambientais, e as respostas necessárias de uma forma holística. Os indicadores DPSIR da Lagoa da Conceição podem ser identificados por conta dos estudos disponíveis em relação ao sistema lagunar, que evidenciam a urbanização, o escoamento de esgoto sanitário doméstico, construção de muros na margem lagunar; além do evento do dia 25 de janeiro de 2021 ter modificado ainda mais a qualidade das águas e a biota, pois toneladas de sedimento e matéria orgânica chegaram ao corpo hídrico com o rompimento da Lagoa de Evapoinfiltração. Dessa forma, aplicar o modelo DPSIR, incluindo a EA como uma resposta possível dentro das relações dos indicadores, pode ser uma possibilidade para os decisores políticos do município, a companhia de saneamento, e outros atores sociais, entenderem quais problemas ou pressões a EA poderá ter um maior potencial de resposta. Possibilitaria ainda que a comunidade tivesse uma ferramenta para cobrar com mais precisão que a legislação seja seguida; e compreendesse o seu papel na construção de um sistema lagunar saudável.

Palavras-chave: Modelo DPSIR, Educação Ambiental, Indicadores Socioambientais, Lagoa da Conceição.

1. INTRODUÇÃO

Ocupando aproximadamente 13% da costa global, as lagoas costeiras são consideradas um dos principais tipos de ecossistemas costeiros (Barnes, 1980; Fernandes et al., 1994; Nixon, 1982). As lagoas costeiras, também chamadas de lagunas, são massas de água encontradas em todos os continentes, geralmente orientadas paralelamente à costa, separadas do oceano por uma barreira e ligadas ao oceano por um ou mais canais, mesmo que intermitentemente (Kjerfve, 1994). Por conta de sua elevada produtividade biológica e as características geomorfológicas e biológicas, além dos serviços que oferecem, as lagunas são consideradas um dos ecossistemas mais valorizados do mundo (Alves et al., 2024; Pérez-Ruzafa et al., 2019).

Justamente por sua valorização, esse tipo de ecossistema sofreu ao longo dos anos com a urbanização, o turismo, a aquicultura, agricultura, representando um conjunto de pressões ambientais nas lagunas (Pérez-Rufaza et al., 2019). As lagunas passaram a se tornar poluídas com o aumento de nutrientes, a disposição de esgoto e resíduos, sedimentação, elevada turbidez, acúmulo de metais pesados e presença de agentes patogênicos (Kennish; Paerl, 2010).

Nos países em desenvolvimento, por conta do elevado índice de ocupação urbana associado à má gestão pública e às deficiências tecnológica, uma das fontes de poluição mais preocupantes em corpos hídricos costeiros é o lançamento de efluentes sanitários (Silva et al., 2017). O Brasil, nos últimos 40-50 anos, passou por uma urbanização e um desenvolvimento socioeconômico mais intensos, com modificações no uso e cobertura da terra associados a expansão das cidades, descarga de esgotos domésticos não tratados, desmatamento, industrialização gerando pressões nas lagunas brasileiras (Amora-Nogueira, et al., 2023; Beraldi et al., 2019; Fernandes et al., 1994; Knoppers et al., 1990).

Em Florianópolis (SC), encontra-se a Lagoa da Conceição, e que é um exemplo de laguna brasileira que tem sido afetada nos últimos anos pela urbanização e o escoamento de esgoto sanitário (Rocha, 2023; Silva et al., 2017). O lançamento de esgoto sanitário de forma irregular afeta a biota e a qualidade das águas, pois aumenta a quantidade de compostos nitrogenados e fosfatos, intensificando a eutrofização. Além disso, em 25 de janeiro de 2021, a laguna foi atingida por toneladas de sedimentos (areia) e de matéria orgânica, por conta do rompimento da Lagoa de Evapoinfiltração da Estação de Tratamento de Esgoto da Lagoa da Conceição (Rocha, 2023).

A Lagoa da Conceição abriga diversas espécies de séries vivos, além de ser utilizada para lazer, turismo, esportes, pesca, evidenciando a relevância ambiental e social de se recuperar e se conservar esse ecossistema (Silva et al., 2017). Para assegurar a efetividade de um meio ambiente ecologicamente equilibrado e sua preservação, incumbiu-se ao Poder Público “promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente” (Brasil, 1988, cap. VI, art. 225). Para garantir a sustentabilidade o município de Florianópolis pretende articular a educação ambiental em todos os níveis e modalidades do processo educativo, seja de caráter formal ou não formal (Florianópolis, 1999). Porém, ainda faltam mecanismos para avaliar os efeitos da Educação Ambiental quando utilizada.

Indicadores ambientais traduzem uma mensagem complexa de uma maneira simples, estes podem ser úteis para traduzir a sustentabilidade de um conceito para uma estratégia tangível (Benitez-Capistros et al., 2014). O Modelo de indicadores DPSIR criado pela Agência Europeia do Ambiente (European Environment Agency – EEA), a partir de uma adaptação do Modelo PSR (Pressure – pressão, State – estado, Response – resposta)

desenvolvido pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE, compreende que o desenvolvimento econômico e social (Drivers – forças motrizes), exercem pressão (P) sobre o meio ambiente, que mudam o estado (S) do ambiente, impactando (I) os ecossistemas, a saúde humana, provocando uma resposta social (R) (EEA, 1999).

A Educação Ambiental pode ser uma das respostas do Modelo DPSIR. As respostas são categorizadas em a jusante, atuando no Estado e nos Impactos, para remediar os danos ambientais já causados, e a montante, atuando nas Forças Motrizes e nas Pressões, com ações preventivas – como regulamentações, políticas, gestão de resíduos, tratamento de efluentes, educação ambiental (Tesfaldet; Ndeh, 2022; Miranda et. al, 2020).

Diante desse contexto, esta revisão tem como objetivo expor características sobre o modelo DPSIR, como as pesquisas recentes tem utilizado esse modelo, e se ele seria uma possibilidade viável para avaliar os efeitos da Educação Ambiental quando aplicada no cenário da Lagoa da Conceição.

2. METODOLOGIA

Esta pesquisa seguiu os princípios de uma revisão bibliográfica narrativa, que busca descrever a cerca de determinado tema, e também discutir sobre a produção acadêmica atualizada (Cavalcante; Oliveira, 2020). Assim, foi realizado um levantamento da literatura, utilizando o Google Scholar, sobre o DPSIR, buscando documentos que descrevessem o modelo; e sobre a Educação Ambiental, focando na legislação brasileira e municipal de Florianópolis.

Foi realizado também um estado da arte, que tem um caráter inventariante e descritivo da produção acadêmica e científica atual sobre o tema que se busca investigar (Ferreira, 2002). Dessa forma, para que pudessem ser selecionados artigos originais e artigos de revisão atualizados, sobre como o modelo DPSIR tem sido utilizado em diferentes locais ao redor do mundo, foi realizado o estado da arte sobre o DPSIR, utilizando a base de dados Scopus e a palavra-chave de busca “DPSIR”. A leitura teve como foco entender como os indicadores eram aplicados e analisados, e a descrição sobre os dados encontrados foi narrativa.

3. EDUCAÇÃO AMBIENTAL COMO UMA RESPOSTA NO MODELO DPSIR

3.1. ARCABOUÇO LEGAL DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL

A Educação Ambiental passa a ter mais relevância para a solução dos problemas ambientais a partir da Conferência de Estocolmo que aconteceu entre os dias 5 e 16 de junho de 1972 (De Alvarenga; Nogueira, 2022). Também chamada de Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, a Conferência de Estocolmo, foi considerada um marco no histórico da EA por expor a necessidade de políticas ambientais, reconhecendo a Educação Ambiental como fundamental para solucionar os problemas ambientais (De Alvarenga; Nogueira, 2022).

No ano de 1988 foi promulgada a Constituição da República Federativa do Brasil. A constituição determinou em seu Art. 225 que:

“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (Brasil, 1988, cap. VI, art. 225).

Para se assegurar a efetividade desse direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado e sua preservação, incumbiu-se ao Poder Público “promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente” (Brasil, 1988, cap. VI, art. 225).

A Lei nº 9.795 de 1999, que institui a Política Nacional de Educação Ambiental, define a Educação Ambiental em seu artigo 1º, como os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade irão construir valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências para alcançar a conservação do meio ambiente, que é bem de uso comum do povo, essencial à qualidade de vida saudável, e sua sustentabilidade.

Para garantir a sustentabilidade o município de Florianópolis pretende articular a educação ambiental em todos os níveis e modalidades do processo educativo, seja de caráter formal ou não formal (Florianópolis, 1999). A educação formal é desenvolvida no âmbito dos currículos das instituições escolares públicas e privadas (de forma integrada, contínua e permanente), e a educação não formal envolve as ações práticas educativas que sejam voltadas à sensibilização coletiva sobre os problemas ambientais, e à organização e participação na defesa da qualidade do meio-ambiente (Florianópolis, 1999).

De acordo com a Lei nº 5481 de 1999, que institui a Política Municipal de Educação Ambiental do município de Florianópolis, define que pelo menos 15% dos recursos arrecadados pelo Fundo Municipal de Meio Ambiente, que é responsável por coordenar a Política Municipal de Educação Ambiental, devem ser destinados a ações em EA; e que os programas, em nível municipal, de assistência técnica e financeira que tenham relação ao meio ambiente e educação, devem alocar recursos às ações de educação ambiental (Florianópolis, 1999).

O arcabouço legal existe evidenciando a relevância da EA na conservação ambiental e a destinação de recursos para realizá-la já é predeterminada, seja no âmbito federal ou municipal, porém ainda faltam mecanismos para que se possa avaliar as ações de EA em diferentes cenários, contribuindo com os decisores políticos e executores de políticas.

3.2. MODELO DPSIR E SUA UTILIZAÇÃO

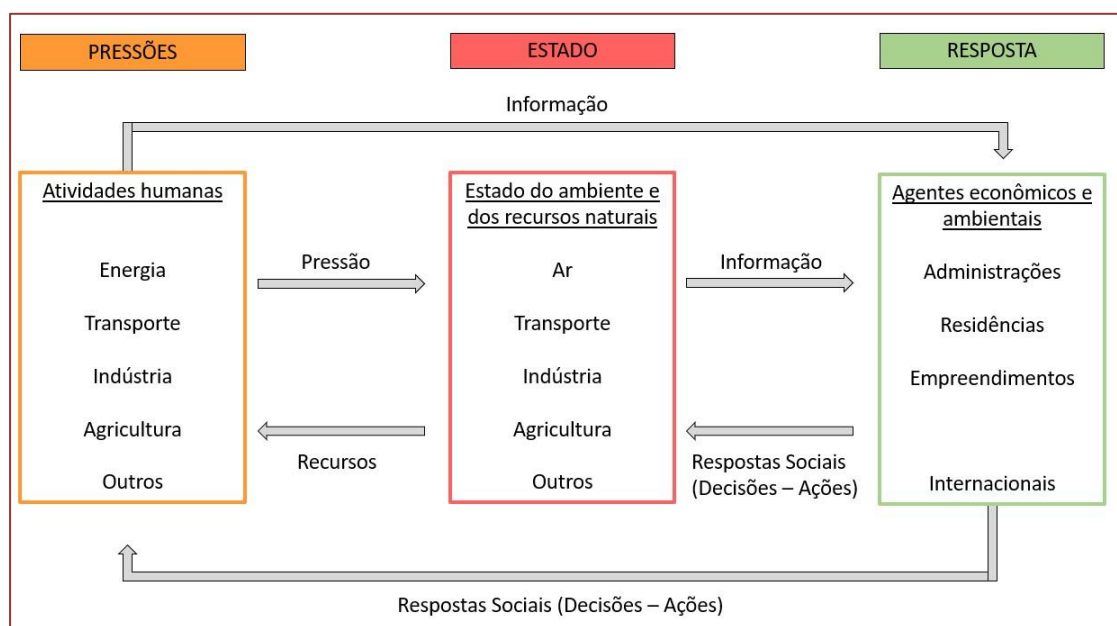
Indicadores traduzem uma mensagem complexa de uma maneira simples, podendo ser úteis para traduzir a sustentabilidade de um conceito para uma estratégia tangível, aos tomadores de decisão e formuladores de políticas, tornando-se uma ferramenta fundamental para garantir a saúde dos ecossistemas (Benitez-Capistros et al., 2014).

De acordo com a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OECD, indicador é um parâmetro, ou um valor derivado de parâmetros, que fornece informações sobre o estado de um fenômeno, ambiente, área, com um significado que vai além do valor de um parâmetro (OECD, 1993). Os indicadores podem ser quantitativos ou qualitativos, e auxiliam na descrição dos efeitos de uma determinada proposta a fim de observar e avaliar os resultados obtidos; podendo ser utilizados para medir aspectos

relacionados a dimensões individuais, coletivas, políticas, econômicas, culturais, dentre outros (Minayo, 2009; Santos, 2022).

O Modelo de indicadores DPSIR foi desenvolvido pela Agência Europeia do Ambiente (European Environment Agency – EEA), a partir de uma adaptação do Modelo PSR desenvolvido pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE (Agramont et al, 2022). A estrutura PSR (Pressure – pressão, State – estado -, Response – resposta) parte do princípio de que atividades humanas exercem pressões no ambiente e mudam a qualidade e quantidade de recursos naturais (o estado); a sociedade responde as mudanças através de medidas ambientais, econômicas e políticas; formando um ciclo de feedback às pressões humanas exercidas (OECD, 1993). Dessa forma, a estrutura PSR (Figura 1) se organiza em etapas que fazem parte de um ciclo ambiental em busca de soluções de problemas, formulação, monitoramento e avaliação de políticas (OECD, 1993).

Figura 1: Estrutura PSR (Pressão – Estado – Resposta)



Fonte: Adaptado de OECD (1993).

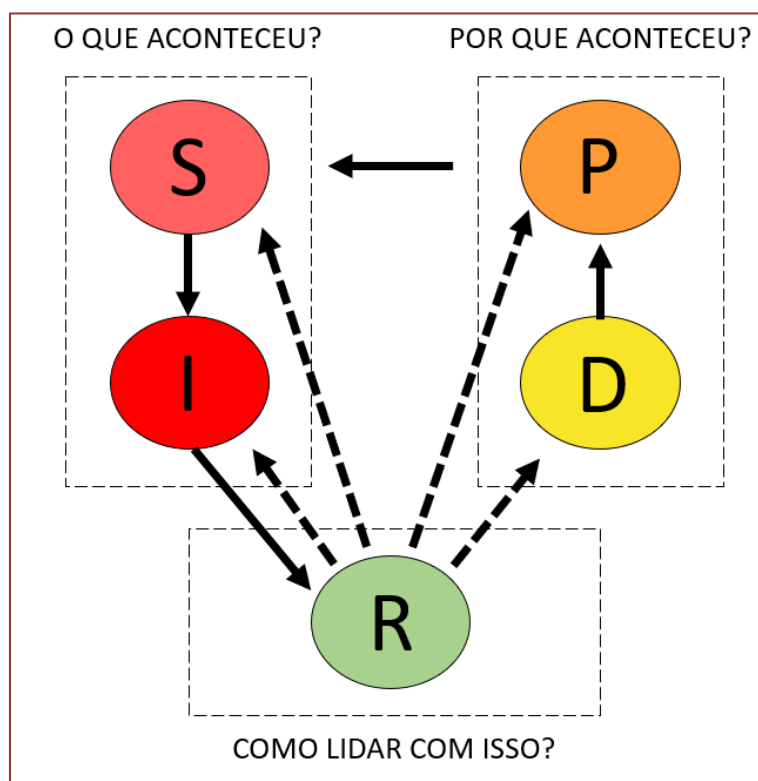
Do ponto de vista das políticas ambientais, há a necessidade de informações explícitas e específicas sobre: forças motrizes, pressões ambientais resultantes no Estado do Meio Ambiente, Impactos resultantes de alterações na qualidade ambiental, e na resposta da sociedade a essas mudanças no meio ambiente (EEA, 1999). Por isso, em 1995, a Agência Europeia do Ambiente (European Environment Agency – EEA) desenvolveu o modelo DPSIR acrescentando ao modelo PSR as forças motrizes – Drivers - e os impactos – Impacts (Tessfaldet e Ndeh, 2022).

As forças motrizes (D) representam as mudanças sociais de acordo com a necessidade, o consumo e o padrão de consumo; as pressões (P) são as emissões e os recursos utilizados para atender as forças motrizes; o estado (S) descreve o estado físico-químico e biológico, quantitativamente e qualitativamente; os impactos (I) são as mudanças no funcionamento do ecossistema, como por exemplo perda da biodiversidade; e as

respostas (R) são as iniciativas da sociedade e dos governos para prevenir, mitigar e adaptar-se ao estado do meio ambiente (EEA, 1999; OECD, 1993).

As perguntas norteadoras do modelo DPSIR são: “O que aconteceu” (Figura 2), que é representado pelos indicadores de estado (S) e impacto (I); “por que aconteceu?” relacionado as forças motrizes (D) e pressões (P); e como “como lidar com isso?”, que terá o propósito de entender como lidar com o problema (Respostas – R), e orientar a transformação do estado para o que é exigido em termos de qualidade ambiental, ou ao menos reduzir ao máximo os efeitos. Para isso as ações podem ser ou diretamente no estado (S) e nos impactos (I), ou agindo nas pressões (P) e nas forças motrizes (D). No modelo DPSIR, considera-se que o estado é resultado da pressão (P), forças motrizes (D), impacto (I), dessa forma, a preocupação central é descrita no estado, que poderá acarretar outras preocupações como os indicadores de impacto, que são como um complemento do estado. (Shao, et al., 2014).

Figura 2: Perguntas norteadoras no Modelo DPSIR



Fonte: Adaptado de Shao, et al. (2014).

3.2.1. ESTADO DA ARTE DO MODELO DPSIR

Útil para descrever as relações entre as origens e as consequências dos problemas ambientais, o Modelo DPSIR compila e organiza diferentes informações para a gestão do sistema ambiental. Retratando e avaliando as causas, as consequências e as respostas necessárias de uma forma holística, esse modelo de indicadores considera tanto os impactos ambientais, como os econômicos e sociais (Elliot et al., 2017; Malmir et al., 2021). Dessa forma, o Modelo DPSIR pode ser aplicado em diferentes cenários.

Qu et al. (2020) aplicaram o Modelo DPSIR para sintetizar o conhecimento existente na Expansão do Solo Urbano (Urban Land Expansion – ULE) e para compreender a interação entre a Política de Uso do Solo (Land Use Policy – LUP) e essa expansão do solo urbano (ULE). Shi et al. (2021) estabeleceram um modelo de avaliação para a segurança hídrica urbana baseado no Modelo DPSIR, no método da entropia e no método de índice abrangente em uma cidade da China.

Yang et al. (2022) construíram, de acordo com o Modelo DPSIR, um sistema de índice de avaliação de segurança energética da China de 2010 a 2019. Swangjang e Kanokporn (2021) avaliaram o ecoturismo em uma área de manguezal, para entender se este se enquadrava no turismo sustentável utilizando uma integração entre a análise SWOT e a estrutura DPSIR, com base em entrevistas por questionário com três grupos-alvo (turistas, operadores de hospedagem domiciliar e residentes da comunidade) e entrevistas aprofundadas com acadêmicos locais e funcionários da organização administrativa.

Wantzen et al. (2019) aplicaram o Modelo DPSIR para analisar os impactos ambientais e seus efeitos nos hidrossistemas urbanos e sugeriram soluções a partir de estudos de caso ao redor do mundo sobre o tema, focando principalmente em áreas tropicais quentes e úmidas sazonais.

Zhao et al. (2021) utilizaram o Modelo DPSIR para construir um sistema de resiliência ecológica urbana. Um índice de resiliência do ecossistema urbano foi calculado utilizando o método da entropia, então os efeitos causais de cada componente do DPSIR foram determinados utilizando equações estruturais e identificamos onexo causal e os fluxos de energia e materiais entre os componentes do DPSIR.

Mosaffaie et al. (2021) concentraram-se em analisar os principais problemas ambientais para a saúde de uma bacia hidrográfica utilizando o Modelo DPSIR. Os pesquisadores buscaram compreender o que aconteceu (estado – S) e sugerir respostas apropriadas (como lidar com isso?). Na discussão e resultados os autores afirmaram que melhorar a estrutura organizacional atual é crucial para a governança participativa da bacia hidrográfica, podendo ser criado um "conselho da bacia hidrográfica", incluindo as partes interessadas da bacia hidrográfica. Como respostas os autores citaram: redução populacional; redução no consumo de recursos da bacia hidrográfica; conservação do solo e da água em cursos de água; restauração de florestas e cobertura de pastagens; ocupações alternativas com menor dependência dos recursos da bacia hidrográfica; e explicaram que a implementação incompleta de todas as respostas derivadas da análise do DPSIR é outra razão para a tendência de declínio do estado da bacia hidrográfica de Gorganroud.

Miranda et al. (2020) investigaram a questão da poluição por microplásticos no ambiente através de uma revisão com informações organizadas por meio do modelo DPSIR. Os autores compilaram o conhecimento das fontes de microplástico no ambiente, sua mobilidade, destino, assim como seus impactos socioeconômicos e ambientais. As respostas disponíveis para esse problema também foram retratadas, como instrumentos regulatórios, políticas, educação ambiental, limpezas, gestão de resíduos, estações de tratamento de águas residuais.

Bouchkara et al. (2021) apresentaram uma análise socioeconômica e ambiental de uma lagoa em Marrocos utilizando o modelo DPSIR. Com o modelo os autores puderam analisar as mudanças ambientais dentro da lagoa e propor respostas. Hernández-López et al. (2020) implementaram o modelo DPSIR num sistema costeiro do México, composto por uma praia e uma lagoa costeira, para reunir informações dos indicadores

socioambientais e contribuir com as tomadas de decisões. A utilização do modelo DPSIR permitiu que os pesquisadores identificassem os principais problemas da região e suas causas, e os resultados ficaram disponíveis para serem utilizados como insumo na tomada de decisões e nas estratégias de gestão.

Dolbeth et al. (2016) utilizaram o modelo DPSIR para formular recomendações de gestão integrada para lagoas europeias. Os pesquisadores buscaram informações junto as partes interessadas e complementadas pelo conhecimento científico, focando em quatro lagoas europeias Ria de Aveiro (Portugal), Mar Menor (Espanha), Tyligulskyi Liman (Ucrânia) e Lagoa do Vístula (Polónia/Rússia). A partir das informações foram formuladas recomendações para uma gestão sustentável das lagoas.

Newton et al. (2014) adotaram a abordagem DPSIR para analisar o estado ecológico dos sistemas costeiros semifechados da Europa, incluindo lagoas e águas de transição; entender a vulnerabilidade e as perspectivas futuras desses sistemas. (Azevedo et al., 2013) utilizaram o modelo DPSIR como uma ferramenta para identificar os principais impulsionadores, pressões, estado e impactos que resultaram na diminuição das algas marinhas da lagoa Ria de Aveiro, em Portugal. Com o estudo foi sugerido que as algas diminuíssem por conta de alterações antropogênicas. As informações do estudo foram consideradas potencialmente úteis para auxiliar nas respostas e gestão da região.

Arroyo et al., 2020 utilizando o Modelo DPSIR, propuseram indicadores para medir as atividades humanas que afetavam três pontos de surf localizados na Reserva Mundial de Surfe da Baía de Todos Santos. Para desenvolver os indicadores foi formada uma comunidade de aprendizagem para colher informações através de documentos e métodos participativos como caminhadas transversais.

3.2.2. RESPOSTAS (R) NO MODELO DPSIR

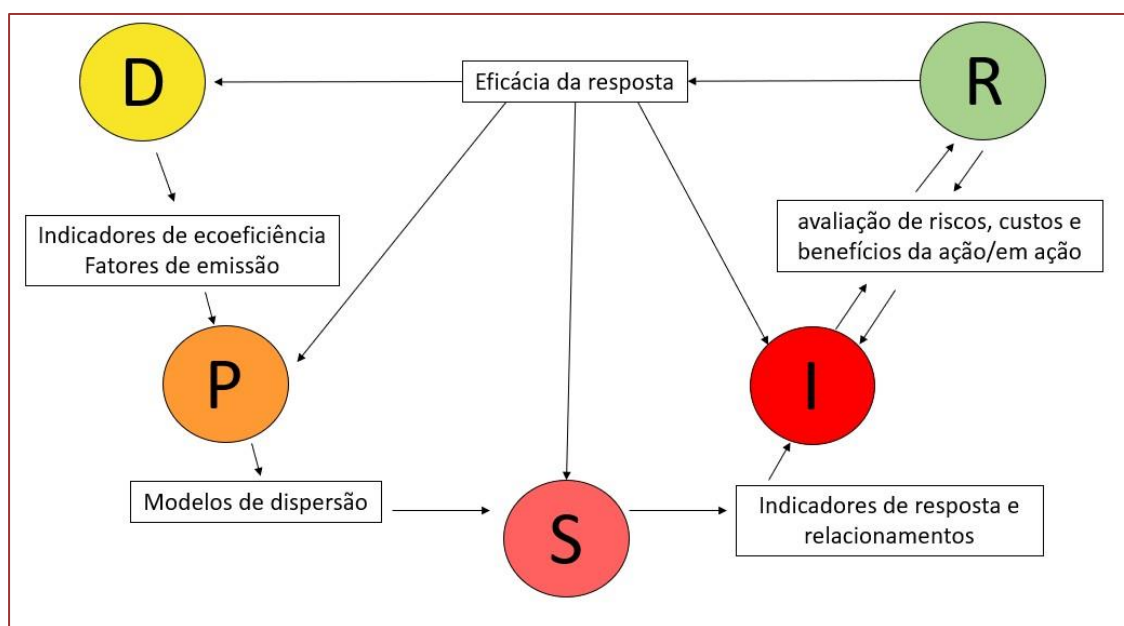
As respostas do Modelo DPSIR podem ser a montante e a jusante. Respostas a montante incluem as ações preventivas, e as respostas a jusante são as ações e estudos realizados para remediar os danos ambientais já causados (Teshaldet e Ndeh, 2022). Dessa forma, as respostas a montante atuam nas Forças Motrizes e nas Pressões, podendo ser regulamentações, políticas, design de produtos, design de produtos, gestão de resíduos, tratamento de efluentes, educação ambiental. Já as respostas a jusante atuam no Estado e nos Impactos, podendo ser limpezas de praias, tecnologias e estratégias de mitigação para recuperar o solo, a água e o ar (Miranda et. al, 2020).

No contexto das Lagoas Costeiras, a Educação Ambiental – considerada uma resposta a montante - pode promover a conservação da laguna, uma vez que esses ecossistemas são afetados por atividades antrópicas e os programas de educação ambiental possibilitam a conscientização das pessoas (Esteves et al. 2008). À medida que a população cresce, espera-se que as lagoas costeiras estejam entre os ecossistemas com maior risco de colapso se a consciência social e a gestão desse corpo de água não forem melhoradas (Pérez-Rufaza et al., 2019). A disseminação do conhecimento sobre os processos envolvidos nas lagunas facilita o processo de tomada de decisões em relação ao seu uso; e aumentar a conexão entre as escolas, faculdades, universidades e o público em geral facilita que seja desenvolvido o compromisso das pessoas nesse processo de cuidado com o ambiente, e esse é um aspecto essencial na conservação dos ecossistemas (Esteves et al., 2008; Pérez-Rufaza et al., 2019).

Uma forma de conseguir evidenciar a relevância da EA em determinado contexto com o

modelo DPSIR, é entender a dinâmica dos problemas ambientais por meio da análise das ligações entre os elementos do DPSIR. Por exemplo, a relação entre o “D” e o “P” por atividades econômicas se dá por meio da ecoeficiência da tecnologia e os sistemas utilizados, se menos pressões surgem das forças motrizes significa que a ecoeficiência está aumentando; o que define se a sociedade responde aos impactos ou não, é a forma como esses impactos são percebidos e avaliados; e os resultados das respostas (R) nas Forças Motrizes dependem da eficácia dessa resposta (Figura 3) (EEA, 1999).

Figura 3: Ligações entre os elementos do modelo DPSIR



Fonte: Adaptado de EEA (1999).

Apesar de estudos como Mosaffaie et al. (2021) que utilizava o modelo DPSIR para identificar os principais problemas ambientais para a saúde de uma bacia hidrográfica não citar a EA como resposta diretamente (pois as respostas indicadas no estudo poderiam utilizar da conscientização para serem alcançadas), estudos como o de Miranda et al. (2020) que investigaram a questão da poluição por microplásticos no ambiente evidenciaram diretamente a relevância da Educação Ambiental. Os autores Miranda et al. (2020) citam a EA como uma das estratégias mais importantes para reduzir as entradas de microplásticos, pois é um meio para alcançar os cidadãos e gerar conhecimento em relação à novas práticas e gerenciamento do resíduo (Miranda et al., 2020).

O modelo de indicadores DPSIR tem sido considerado efetivo para identificar orientações políticas que melhorem a utilização e a gestão das bacias hidrográficas, e tem sido aplicado de forma eficiente em estudos sobre sistemas costeiros, por ser uma ferramenta útil para gerir questões complexas (Azevedo et al., 2013; Lalande et al., 2014; Mosaffaie et al. 2021). Assim, a aplicação do modelo DPSIR na Lagoa da Conceição, poderia contribuir com os decisores políticos do município, com a companhia de saneamento, e outros atores que tenham interesse na EA proporcionando um direcionamento para criação de futuros programas de EA dos diferentes setores que gerem pressões ambientais, por meio da elucidação de quais problemas ou pressões a EA

poderá ter um maior potencial de resposta.

A simplificação de um cenário complexo, utilizando a estrutura e os indicadores, possibilitaria ainda que a comunidade tivesse uma ferramenta para cobrar com mais precisão que a legislação seja seguida, sabendo dos efeitos positivos que a EA traria para o ecossistema lagunar; e para participarem ativamente da mudança com ações individuais, além das coletivas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em países em desenvolvimento como o Brasil, uma das fontes de poluição mais preocupantes em corpos hídricos costeiros é o lançamento de efluentes sanitários por conta do elevado índice de ocupação urbana associado à má gestão pública e às deficiências tecnológica (Silva et al., 2017). A Lagoa da Conceição (Florianópolis, SC) é um exemplo de laguna brasileira que tem sido afetada nos últimos anos pela urbanização e o escoamento de esgoto sanitário (Rocha, 2023; Silva et al., 2017).

Embora exista o arcabouço legal federal e municipal, evidenciando a relevância da EA na conservação ambiental e a destinação de recursos para realizá-la ainda faltam mecanismos para que se possa avaliar as ações de EA em diferentes cenários, contribuindo com os decisores políticos e executores de políticas. O modelo de indicadores DPSIR tem sido considerado uma ferramenta útil para gerir questões complexas, e efetivo para identificar orientações políticas que melhorem a utilização e a gestão das bacias hidrográficas (Azevedo et al., 2013; Lalande et al., 2014; Mosaffaie et al. 2021).

Útil para descrever as relações entre as origens e as consequências dos problemas ambientais, o Modelo DPSIR compila e organiza diferentes informações para a gestão do sistema ambiental. Assim, analisar o cenário da Lagoa da Conceição com o modelo DPSIR, incluindo a EA como uma resposta possível dentro das relações dos indicadores, pode ser uma possibilidade para entender a complexa dinâmica socioambiental da Lagoa da Conceição.

Os indicadores DPSIR da Lagoa da Conceição, como a urbanização, o escoamento de esgoto sanitária, podem ser identificados por conta do alto número de estudos disponíveis em relação ao sistema lagunar. A aplicação do modelo DPSIR na Lagoa da Conceição, poderia contribuir com os decisores políticos do município, elucidando em quais problemas ou pressões a EA poderá ter um maior potencial de resposta, assim como poderia ser utilizado pela companhia de saneamento, e outros atores que tenham interesse na EA. A possibilidade, por meio do modelo DPSIR, de simplificação de um cenário socioambiental complexo, possibilitaria ainda que a comunidade tivesse uma ferramenta para cobrar com mais precisão que a legislação seja seguida; assim como compreendesse o seu papel na construção de um sistema lagunar saudável.

REFERÊNCIAS

- [1] ALVES, Leandro et al. The eutrophication process in the lagoon systems of eastern Rio de Janeiro investigated through the analysis of sedimentary phosphorus and historic of basin occupation. **Regional Studies in Marine Science**, v. 71, p. 103394, 2024. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352485524000276>>. Acesso em: 5 jul. 2023.
- [2] AMORA-NOGUEIRA, Leonardo et al. Linking centennial scale anthropogenic changes and sedimentary records as lessons for urban coastal management. **Science of The Total Environment**, v. 902,

p. 165620, 2023. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969723042432>>. Acesso em: 5 jul. 2023.

[3] ARROYO, Mara et al. Indicators to measure pressure, state, impact and responses of surf breaks: The case of Bahía de Todos Santos World Surfing Reserve. **Ocean & coastal management**, v. 194, p. 105252, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105252>>. Acesso em: 8 set. 2023.

[4] AZEVEDO, Ana et al. Application of the generic DPSIR framework to seagrass communities of Ria de Aveiro: a better understanding of this coastal lagoon. **Journal of Coastal Research**, n. 65, p. 19-24, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.2112/SI65-004.1>>. Acesso em: 6 ago. 2023.

[5] BARNES, R. S. K. **Coastal Lagoons** (Vol. 1). Cambridge: Cambridge University Press, 1980. BENITEZ-CAPISTROS, Francisco; HUGÉ, Jean; KOEDAM, Nico. Environmental impacts on the Galapagos Islands: Identification of interactions, perceptions and steps ahead. **Ecological Indicators**, v. 38, p. 113-123, 2014.

[6] BERALDI, Gaby Quintal F. et al. Assessment of a coastal lagoon metal distribution through natural and anthropogenic processes (SE, Brazil). **Marine pollution bulletin**, v. 146, p. 552- 561, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.07.007>>. 5 jul. 2023.

[7] BOUCHKARA, Mohammed et al. An integrated environmental assessment of a coastal lagoon: the case of the Oualidia lagoon (Morocco). In: **E3S web of conferences. EDP Sciences**, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202129802003>>. Acesso em: 8 ago. 2023.

[8] BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, [2023]. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 5 jul. 2023.

[9] CAVALCANTE, Livia Teixeira Canuto; OLIVEIRA, Adélia Augusta Souto de. Métodos de revisão bibliográfica en los estudios científicos. **Psicologia em Revista**, v. 26, n. 1, p. 83- 102, 2020. Disponível em: <http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?pid=S1677-11682020000100006&script=sci_abstract&lng=es>. Acesso em: 8 out. 2023.

[10] DE ALVARENGA, Cristiano Saratt; NOGUEIRA, Carmen Regina Dorneles. Educação ambiental: ações realizadas no Município de São Borja, a partir de 2018 Environmental education: actions carried out in the Municipality of São Borja, from 2018. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 5, p. 33475-33495, 2022. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/44828>>. Acesso em: 8 out. 2023.

[11] DOLBETH, Marina et al. An integrated Pan-European perspective on coastal Lagoons management through a mosaic-DPSIR approach. **Scientific Reports**, v. 6, n. 1, p. 19400, 2016. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/srep19400>>. Acesso em: 5 jul. 2023.

[12] EEA – European Environment Agency. **Environmental Indicators: Typology and Overview**. Copenhagen: European Environmental Agency, 1999. 19 p. Disponível em: <<https://www.eea.europa.eu/publications/TEC25>>. Acesso em: 5 jul. 2023.

[13] ELLIOTT, M. et al. "And DPSIR begat DAPSI (W) R (M)!" -a unifying framework for marine environmental management. **Marine Pollution Bulletin**, v. 118, n. 1-2, p. 27-40, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X17302692>>. Acesso em: 6 ago. 2023.

[14] ESTEVES, F. de A. et al. Neotropical coastal lagoons: an appraisal of their biodiversity, functioning, threats and conservation management. **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, p. 967-981, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1519-69842008000500006>>. Acesso em: 5 jul. 2023.

[15] FERNANDES, Horst Monken et al. Heavy-metal pollution assessment in the coastal lagoons of Jacarepaguá, Rio de Janeiro, Brazil. **Environmental Pollution**, v. 85, n. 3, p. 259-264, 1994. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/0269-7491\(94\)90046-9](https://doi.org/10.1016/0269-7491(94)90046-9)>. Acesso em: 5 jul. 2023.

[16] FERREIRA, N. S. A. (2002). As pesquisas denominadas "estado da arte". *Educação & Sociedade*, 23(79), 257-272.

[17] FLORIANÓPOLIS. **Lei Municipal nº 5481**, de 24 de maio de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Municipal de Educação Ambiental e dá outras providências. Florianópolis: Prefeitura Municipal de Florianópolis, 1999. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/sc/f/florianopolis/lei-ordinaria/1999/549/5481/lei-ordinaria-n-5481-1999-dispoe-sobre-a-educacao-ambiental-institui-a-politica-municipal-de-educacao-ambiental-e-da>>

outras-providencias>. Acesso em: 9 nov. 2023.

[18] KENNISH, Michael J.; PEARL, Hans W. Coastal Lagoons: Critical Habitats of Environmental Change. In: KENNISH, Michael J.; PAERL, Hans W. (Ed.). **Coastal lagoons: critical habitats of environmental change**. New York: CRC press, 2010. 539. 1-15.

[19] KJERFVE, Björn. Coastal lagoons. In: **Elsevier oceanography series**. Elsevier, 1994. p. 1-8. KNOPPERS, Bastiaan A.; LACERDA, Luiz D.; PATCHINEELAM, Sambasiva R. Nutrients, heavy metals and organic micropollutants in an eutrophic Brazilian lagoon. **Marine Pollution Bulletin**, v. 21, n. 8, p. 381-384, 1990. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/0025-326X\(90\)90646-P](https://doi.org/10.1016/0025-326X(90)90646-P)>. Acesso em: 5 jul. 2023.

[20] LALANDE, Nathalie et al. Implementing the DPSIR framework to link water quality of rivers to land use: methodological issues and preliminary field test. **International journal of river basin management**, v. 12, n. 3, p. 201-217, 2014. Disponível em: <<https://hal.science/hal-01514067/document>>. Acesso em: 6 ago. 2023.

[21] MALMIR, Mahsa et al. A new combined framework for sustainable development using the DPSIR approach and numerical modeling. **Geoscience Frontiers**, v. 12, n. 4, p. 101169, 2021. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674987121000335>>. Acesso em: 7 set. 2023.

[22] MIRANDA, Mariana N.; SILVA, Adrián MT; PEREIRA, M. Fernando R. Microplastics in the environment: A DPSIR analysis with focus on the responses. **Science of the Total Environment**, v. 718, p. 134968, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134968>>. Acesso em: 1 out. 2023.

[23] MOSAFFAIE, Jamal et al. Trend assessment of the watershed health based on DPSIR framework. **Land use policy**, v. 100, p. 104911, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104911>>. Acesso em: 5 ago. 2023.

[24] NEWTON, Alice et al. An overview of ecological status, vulnerability and future perspectives of European large shallow, semi-enclosed coastal systems, lagoons and transitional waters. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 140, p. 95-122, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecss.2013.05.023>>. Acesso em: 8 ago. 2023.

[25] NIXON, Scott W. Nutrient dynamics, primary production and fisheries yields of lagoons. **Oceanologica Acta, Special Issue**, 1982. Disponível em: <<https://archimer.ifremer.fr/doc/00246/35748/>>. Acesso em: 5 jul. 2023.

[26] ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO - OECD. **Conjunto básico de indicadores ambientais para avaliações de desempenho: um relatório de síntese**. Monografias Ambientais. Paris: 1993. Disponível em: <[https://one.oecd.org/document/OCDE/GD\(93\)179/En/pdf](https://one.oecd.org/document/OCDE/GD(93)179/En/pdf)>. Acesso em: 9 ago. 2023.

[27] PÉREZ-RUZAFÁ, Angel et al. Coastal lagoons: environmental variability, ecosystem complexity, and goods and services uniformity. In: **Coasts and estuaries**. Elsevier, 2019. p. 253-276. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814003-1.00015-0>>. Acesso em: 5 jul. 2023.

[28] QU, Shijin et al. Interaction between urban land expansion and land use policy: An analysis using the DPSIR framework. **Land Use Policy**, v. 99, p. 104856, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104856>>. Acesso em: 7 set. 2023.

[29] ROCHA, Lyllyan Santos. **Gerenciamento costeiro e estudo de caso da Lagoa da Conceição**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemática. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia. Florianópolis, p. 129, 2023. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/251648>>. Acesso em: 5 nov. 2023.

[30] SHAO, C. et al. Trends analysis of ecological environment security based on DPSIR model in the coastal zone: a survey study in Tianjin, China. **International Journal of Environmental Research**, v. 8, n. 3, p. 765-778, 2014. Disponível em: <https://ijer.ut.ac.ir/article_770_e86fe5ed5a2ecbd3bd85dc498ad5e848.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2023.

[31] SHI, Sha et al. Evaluation of urban water security based on DPSIR model. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, 2021. p. 012023. Disponível em: <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/880/1/012023/meta>>. Acesso em: 8 set. 2023.

[32] SILVA, Victor Eduardo Cury et al. Space time evolution of the trophic state of a subtropical lagoon: Lagoa da Conceição, Florianópolis Island of Santa Catarina, Brazil. **RBRH**, v. 22, 2017. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1590/2318-0331.011716027>>. Acesso em: 5 jul. 2023.

[33] SWANGJANG, Kanokporn; KORNPIPHAT, Phitwalan. Does ecotourism in a Mangrove area at Klong Kone, Thailand, conform to sustainable tourism? A case study using SWOT and DPSIR. **Environment, Development and Sustainability**, p. 1-26, 2021. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10668-021-01313-3>>. Acesso em: 8 set. 2023.

[34] TESFALDET, Yacob T.; NDEH, Nji T. Assessing face masks in the environment by means of the DPSIR framework. **Science of the Total Environment**, v. 814, p. 152859, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152859>>. Acesso em: 1 ago. 2023.

[35] WANTZEN, Karl M. et al. Urban stream and wetland restoration in the Global South—A DPSIR analysis. **Sustainability**, v. 11, n. 18, p. 4975, 2019. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2071-1050/11/18/4975>>. Acesso em: 8 set. 2023.

[36] YANG, Bin et al. Evaluation and analysis of energy security in China based on the DPSIR model. **Energy Reports**, v. 8, p. 607-615, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.01.229>>. Acesso em: 8 set. 2023.

[37] ZHAO, Ruidong et al. Evaluating urban ecosystem resilience using the DPSIR framework and the ENA model: A case study of 35 cities in China. **Sustainable Cities and Society**, v. 72, p. 102997, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102997>>. Acesso em: 8 set. 2023.

Capítulo 6

Estudo cartográfico do aterro sanitário localizado no município de Estância no estado de Sergipe

Leonardo Nascimento Passos

Jaianne Santos Suzarte

Catherine Novacovski

Resumo: A crescente urbanização tem levado ao aumento significativo na geração de resíduos sólidos urbanos, o que exige a criação de locais apropriados para sua disposição final, como os aterros sanitários. Este estudo foi realizado no município de Estância, Sergipe, onde o aterro sanitário, inicialmente projetado para minimizar os impactos ambientais, acabou se transformando em um lixão, resultando em contaminação do solo, ar e água, além de afetar negativamente a saúde da população local. O desenvolvimento do estudo envolveu uma análise cartográfica do local, utilizando software de geoprocessamento e imagens de satélite, além de uma pesquisa de campo para verificar in loco os impactos ambientais. Os resultados mostraram que o lixão opera de forma inadequada, não cumprindo as normas ambientais, o que resulta em graves problemas, como poluição, proliferação de vetores e risco de incêndios devido à liberação de gases tóxicos. O estudo destacou ainda as condições precárias dos catadores que atuam no local, expostos a riscos de saúde. Conclui-se que o lixão de Estância representa um sério risco ambiental e à saúde pública, demandando ações imediatas para sua remediação. Recomenda-se a retirada dos resíduos, tratamento do solo contaminado e a implementação de políticas públicas voltadas para o gerenciamento adequado dos resíduos sólidos. Além disso, a promoção de práticas de reciclagem e educação ambiental são essenciais para mitigar os impactos negativos identificados.

Palavras-chave: Resíduos sólidos urbanos, Aterro sanitário, Impacto ambiental, Contaminação do solo, Gestão de resíduos.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento da população urbana se fez acompanhar pelo aumento da geração de resíduos sólidos urbanos, bem como, pela necessidade de locais específicos, afastados dos núcleos populacionais e que atendam requisitos para reduzir o potencial da contaminação dos solos, do ar e das águas. O crescimento acentuado da geração de resíduos sólidos e sua concentração espacial devido à urbanização diminuem as chances de assimilação dos resíduos pelo meio ambiente. A poluição destes compartimentos ambientais pode atingir níveis de contaminação, afetando o meio antrópico (homem) e biológico (fauna e flora).

Segundo Cherubini (2008), os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU's), popularmente chamados de lixo urbano, são resultantes da atividade doméstica e comercial das povoações e, apresentam grande diversidade e complexidade. (Cherubini, R.)

De acordo com Lanza (2009), embora o chorume e os gases sejam os maiores problemas causados pela decomposição do lixo, outros problemas associados com a sua disposição podem ser assim compreendidos: poluição do solo e das águas superficiais próximas; poluição de águas subterrâneas; poluição visual; presença de odores desagradáveis; presença de vetores, causando doenças diretamente a catadores; pessoal que trabalha no lixo; população do entorno e, indiretamente a população; presença de catadores precariamente organizados, inclusive crianças; presença de gases de efeitos: estufa e explosivo, devido à queima, intensa degradação da paisagem, riscos de incêndio e a desvalorização imobiliária no entorno.

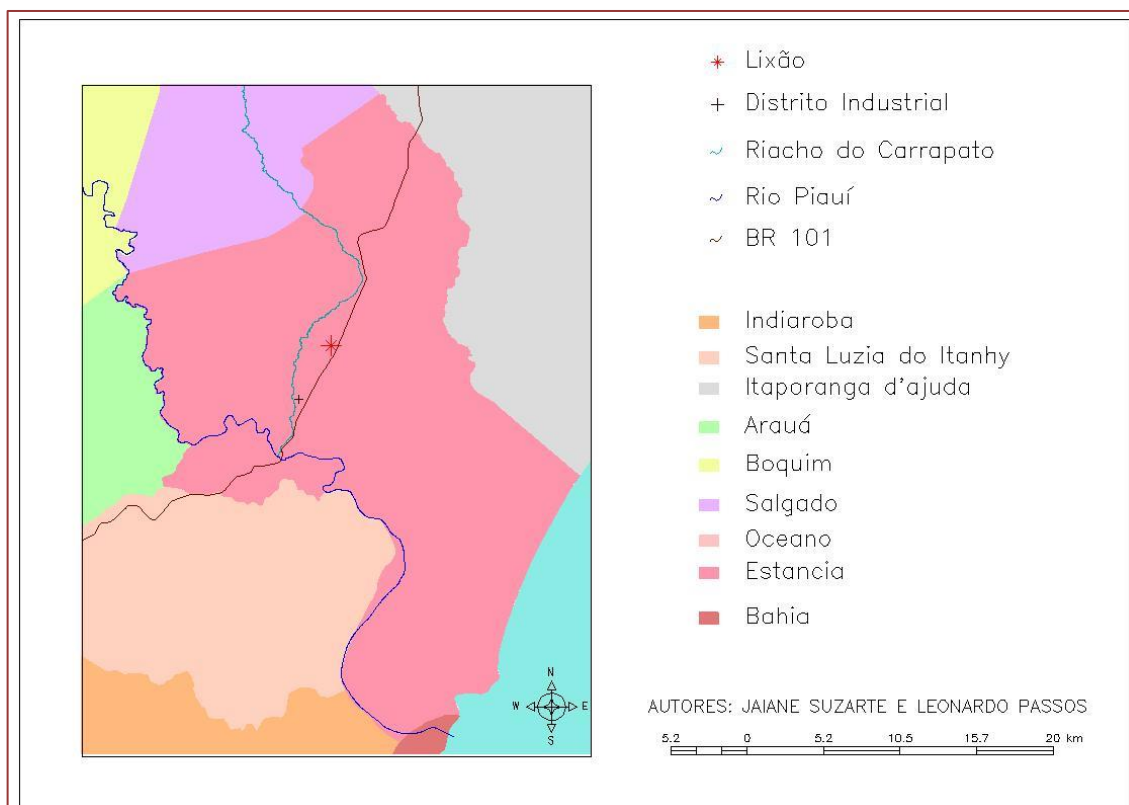
O Aterro Sanitário é a forma de disposição final mais conhecida mundialmente. Deve ser projetado para receber e tratar o lixo produzido pelos habitantes de uma cidade, com base em estudos de engenharia, para reduzir ao máximo os impactos causados ao meio ambiente e evitando danos a saúde pública.

O município de Estância-SE, possui um aterro sanitário construído pelo PASS (Plano de Assistência à Saúde e Saneamento), através de recursos provenientes da Caixa Econômica Federal, mas que segundo a O.N.G. Água é Vida transformou-se num verdadeiro "lixão", provocando a poluição e contaminação do solo, do ar, de água subterrânea, nascentes e afluentes do Rio Piauitinga, com metais pesados, elementos cancerígenos que já provocaram inclusive a morte de crianças e velhos residentes no Povoado Dizilena, comunidade próxima ao Lixão.

O objetivo deste trabalho é realizar uma análise cartográfica do local do aterro sanitário desativado situado no município de Estância do estado de Sergipe, ressaltando seus impactos ambientais e propondo medidas remediadoras e mitigadoras.

2. ÁREA DE ESTUDO

O município de Estância fica localizado na zona geográfica do litoral sul do estado de Sergipe, a 68km da capital, Aracaju. Está situado entre o oceano Atlântico e os municípios de Salgado, Itaporanga D'Ajuda, Boquim, Santa Luzia do Itanhy e Indiaroba, Arauá. A sede do município fica localizada na região sudoeste do município, próximo ao Rio Piauí, que percorre grande parte do território Estanciano. O lixão do Município de Estância está localizado às margens da BR 101, como consta na Figura 1, em uma área com grande declividade; com aproximadamente 2500 metros de proximidade com o povoado Dizilena e 1000 metros do riacho Carrapato, um afluente do rio Piauitinga que abastece a população desse povoado.

Figura 1: Mapa de localização do lixão de Estância

Fonte: UFS, 2016

3. MARERIAL E MÉTODOS

Foi usado o programa Spring para construir os mapas de localização. Enquanto as imagens via satélite foram obtidas pelo *Google Maps*.

Foi realizada uma Pesquisa de Campo, mediante observação sistemática (visita in loco), utilizando registros fotográficos para constatação do real impacto ambiental causado pelo lixão.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a visita técnica realizada pode-se verificar que o lixão encontra-se em funcionamento inadequado, sem atender às regras de proteção ao meio ambiente, ocasionando assim inúmeros impactos ambientais, tais como: aumento dos processos erosivos do solo, compactação do solo, poluição do ar, proliferação de micro e macrovetores, redução da biota do solo, stress da fauna local, poluição visual.

Verifica-se ainda poluição do ar por causa de pontos de queimadas e degradação dos resíduos, nos quais provocam liberação de gases tóxicos e emissão de gás metano. No processo de decomposição RSU ocorre a produção de gases como metano (CH₄), óxido de enxofre (SO₃), sendo liberado na atmosfera além de ser tóxicos para os diversos organismos (Marques, 2011).

Na Figura 2 é possível constatar que existem pontos de queimadas, às quais provocam grande liberação de gases tóxicos e podem ocasionar incêndios decorrentes da liberação de gás metano produzido pelos resíduos.

Figura 2: Queimadas que acontecem por todo o lixão



Fonte: UFS,2016.

No lixão existem catadores que estão susceptíveis a contaminações diretas e a contrair doenças, em razão do contato com o lixo através da atividade de catação e da não utilização de máscaras, luvas de borracha. Segundo Cavalcante (2007) ao catarem matéria-prima nos lixões, os catadores ficam em contato com materiais que podem acarretar sérios agravos à sua saúde, ficando sujeitos à contaminação por produtos químicos, materiais perfuro cortantes, animais mortos. Também foi observado que dos resíduos sólidos dispostos no lixão a grande maioria ficam expostos a céu aberto favorecendo a proliferação de micro e macrovetores, principalmente através dos animais peçonhentos do local que podem ser vistos na imagem a seguir.



Esses vetores podem ser vias de acesso de agentes patogênicos para os catadores que realizam as atividades de catação sem nenhum tipo de equipamento de proteção.



Figura 3: Aspecto geral da catação de algumas frações de resíduos sólidos urbanos no lixão



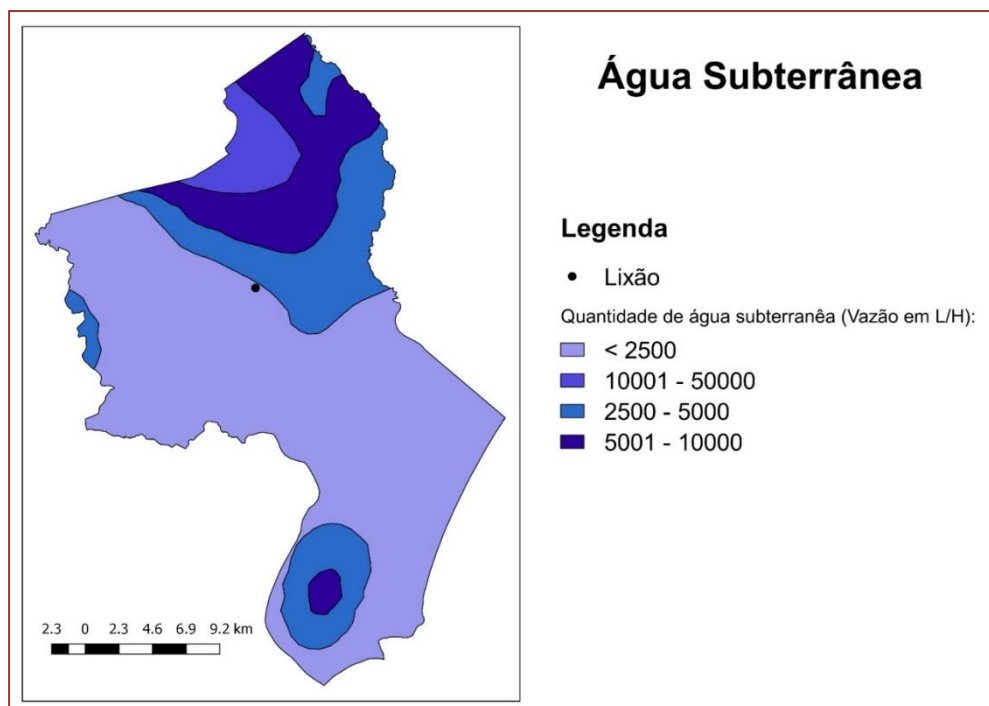
Fonte: UFS,2016.

Com este despreparo na descarga, disposição e acumulação dos RSU, é importante ressaltar os grandes impactos gerados ao solo, como: sua acidificação, que aumenta a solubilidade dos metais e inviabiliza a vida no solo para animais e vegetais; acúmulo de metais pesados tóxicos para o homem; acúmulo de gases constantemente liberados pelo solo, com ênfase no metano que é altamente explosivo, e o gás carbônico que é asfixiante e causa vários problemas ambientais como a chuva ácida. Estes impactos são agravados pela não impermeabilização do solo, como foi observado no local.



Além disso, existe um alto teor de matéria orgânica em decomposição no local, produzindo um líquido fétido e ácido, o chorume, que infiltra-se no solo, colocando em risco as águas, tanto as superficiais, quanto as subterrâneas. Entretanto a área de estudo não possui uma abundância significativa de água subterrânea, minimizando assim o risco de contaminação. É possível observar a disposição dessas águas na figura abaixo.

Figura 4: Água Subterrânea



Fonte: UFS, 2016.

Mas há a preocupação com a contaminação da mata próxima (devido ao escoamento do solo por processos de erosão em épocas de chuva e pelos poluentes atmosféricos devido a queima e liberação de metais pesados como foi anteriormente citado) por se tratar de uma área com bastante flora ao redor.



Não foi realizado um estudo aprofundado para averiguar a real contaminação do solo, ar e catadores, por isso não podemos quantificar os impactos de forma mais exata, porém podemos fazer uma análise mais simplificada desses impactos através da tabela abaixo:

Tabela 1. Listagem de controle utilizada para avaliar os impactos ambientais causados pelo lixão da cidade de Estância, SE

Peso	Ação	Nota	Peso x Nota
5	Exposição de resíduos sólidos à céu aberto	-5	-25
4	Poluição de áreas circunvizinhas pelos resíduos	-2	-8
5	Lançamento de resíduos sólidos industriais	-2	-10
5	Lançamento de resíduos sólidos hospitalares	-0	-0
5	Lançamento de percolato	-5	-25
5	Lançamento de biogás	-4	-20
5	Fumaça produzida pela queima dos resíduos	-5	-25
3	Aspectos estéticos	-2	-6
4	Proliferação de microvetores	-5	-20
4	Proliferação de macrovetores	-5	-20
5	Contaminação e poluição do solo	-5	-25
5	Contaminação e poluição do ar	-5	-25
5	Contaminação e poluição dos corpos aquáticos	-3	-15
5	Contaminação dos catadores	-5	-25
65	Somatório	3,78	-249

Fonte: UFS,2016.

Analisando a Tabela 1 pode-se observar que o índice do impacto ambiental encontrado para o lixão situou-se em torno de - 3,78 numa escala que varia de -5 a +5, sendo -5 atribuído ao impacto negativo mais intenso. Isto vem a demonstrar a intensidade dos problemas ambientais que os resíduos sólidos podem causar quando dispostos inadequadamente no meio ambiente.

Teoricamente, a recuperação de uma área degradada por deposição inadequada de lixo envolve a criação de um aterro sanitário na área, contudo, a área é muito próxima do centro da cidade e da população. Ações deste porte compreendem elevados custos, inviabilizando economicamente este processo e forçando a adoção de soluções mais simples e econômicas de modo a minimizar o problema. O fechamento do lixão com a remoção total dos resíduos depositados, transportando-os para um aterro sanitário, seguida da deposição de solo natural da região na área escavada é a melhor solução a ser tomada . (Ibam, 2001).

5. CONCLUSÕES

O lixão apresenta um caráter devastador do meio físico, biótico e antrópico, como compactação do solo, proliferação de micro e macrovetores, redução da biota do solo e contaminação dos catadores, causando assim impactos negativos. Tais impactos afetam diretamente a qualidade de vida dos catadores, pois trabalham de forma sub-humana.

É notável a ação negativa do lixão devido à falta de manejo adequado, disposição final e políticas públicas voltadas ao gerenciamento dos resíduos sólidos gerados na cidade. Tornando-se, assim, necessário tomar medidas que minimizem os impactos, através da retirada do lixo e tratamento adequado do local escavado, retirada dos fatores degradantes do meio, além de promover o incentivo à reciclagem dos materiais e a Educação Ambiental, fundamentada no princípio dos 5R's.

Além disso, foi perceptível uma imensa variedade de resíduos sólidos com potencial de reciclagem, como papelão, garrafas PET, plásticos, metais, vidros, borrachas e outros, entretanto o resíduo sólido está bastante contaminado pelo local, mesmo com o grande potencial para reciclagem é necessário um tratamento prévio para que o mesmo possa ser reaproveitado.

REFERÊNCIAS

- [1] AGUIAR, Jefferson Marques ; ARAÚJO, Maria de Fátima C.; MARTINS, Marcela Tarciana C. S. **IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DO LIXÃO DA CIDADE DE AROEIRAS-PB**. 2014. 7 p. III Encontro de Meio Ambiente UVA/UNAVIDA (IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DO LIXÃO DA CIDADE DE AROEIRAS-PB. Engenharia Ambiental)- Universidade Estadual Vale do Acaraú, AROEIRAS-PB, 2014.
- [2] ALBERTE, Elaine Pinto Varela ; CARNEIRO, Alex Pires ; KAN, Lin . **RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS POR DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS**. 2005. 15 p. Revista Eletrônica da Faculdade de Tecnologia e Ciências de Feira de Santana (RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS POR DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS, Engenharia Ambiental)- Faculdade de Tecnologia e Ciências de Feira de Santana, Feira de Santana- BA, 2005. 2.
- [3] ARAÚJO, THIAGO BATISTA. **AValiação dos Impactos Ambientais em um Lixão Inativo no Município de Itaporanga- PB**. 2015. 48 p. Trabalho de conclusão de curso (TCC) (AValiação dos Impactos Ambientais em um Lixão Inativo no Município de Itaporanga- PBE Engenharia Sanitária e Ambiental)- Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande- PB, 2015.
- [4] CALASANS , Higor César Menezes ; Autor 1 BARRETO , Ismeralda M^a Castelo Branco do Nascimento . **AValiação de Impactos Ambientais do Lixão do Município de Estância – SERGIPE**. 2011. 13 p. Especialização em Planejamento e Gestão Ambiental (AValiação de Impactos Ambientais do Lixão do Município de Estância – SERGIPE, Engenharia Ambiental)- Universidade Tiradentes, Aracaju-SE, 2011.
- [5] **MANUAL DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS**. José Henrique Penido Monteiro et al; Coordenação Técnica: Victor Zular Zveibil. Rio de Janeiro:IBAM, 2001.
- [6] **LIXO MUNICIPAL: MANUAL DE GERENCIAMENTO INTEGRADO / COORDENAÇÃO**: Niza Silva Jardim et al. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas:CEMPRE, 1995.
- [7] LOPES, Wilton Silva; Autor 1 LEITE, Valderi Duarte; PRASAD, Shiva. **AValiação dos Impactos Ambientais Causados por Lixões: Um Estudo de Caso**. 2000. 7 p. XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental (AValiação dos Impactos Ambientais Causados por Lixões: Um Estudo de Caso, Saneamento Ambiental)- Universidade Federal da Paraíba, Paraíba- PB, 2000.
- [8] NEWS , ESTANCIA . **Aterro sanitário de Estância transformou-se em um grande lixão** Disponível em: < <http://estancianewsse.blogspot.com.br/2011/09/aterro-sanitario-de-estancia.html>>. Acesso em: 09 Nov. 2016
- [9] SÓLIDOS, Portal Resíduos . **Aterro Sanitário**. Disponível em: < <http://www.portalresiduossolidos.com/aterro-sanitario/>>. Acesso em: 10 Nov. 2016.

Capítulo 7

*Avaliação dos parâmetros termodinâmicos da adsorção de corante orgânico por resíduo de caranguejo (*Ucides cordatus*)*

Leonardo Nascimento Passos

Resumo: A indústria têxtil é uma grande geradora de efluentes contendo corantes orgânicos, que sem tratamentos adequados são lançados nos corpos d'água, provocando assim, grande impacto ambiental. Para o tratamento desses efluentes, a adsorção vem sendo considerada uma escolha eficiente e potencialmente econômica, devido ao barateamento do processo, decorrente do grande aumento das pesquisas na busca de adsorventes alternativos e baratos oriundo de rejeito da agricultura, indústria de alimentos e bebidas, algas marinhas, e de resíduos de crustáceos. Inserido nesse contexto o presente trabalho teve o objetivo de caracterizar termodinamicamente o processo de adsorção de azul de metileno em resíduos de caranguejo uça (*Ucides cordatus*). Para se atingir o objetivo foram realizados testes de equilíbrio de adsorção em bateladas em condições ótimas de pH, de granulometria do resíduo, dosagem do resíduo, e em diferentes temperaturas (303,15, 308,15, 318,15 e 323,15K). Os dados de equilíbrio de adsorção foram ajustados por dois modelos, Langmuir e Freundlich. O intervalo de pH utilizado foi de 10 a 11, a granulometria do resíduo foi de -200# e dosagem do adsorvente de 0,1g/L, essas foram condições de maior adsorção. Os dados se ajustaram melhor ao modelo de Langmuir. A estimativa dos parâmetros termodinâmicos, foi, $\Delta H^\circ = +58,62 \text{ kJ/mol}$, $\Delta S^\circ = +301,55 \text{ J/mol.K}$, e os valores da variação de ΔG° foram de -32,82 a -38,80kJ/mol para um intervalo de temperatura de 303,15 a 323,15 K, respectivamente. Com esses resultados, o processo de adsorção foi caracterizado como endotérmico e de natureza física, de alta afinidade entre adsorbato-adsorvente, favorável, espontâneo e mais favorecido com o aumento da temperatura. Dessa forma, o resíduo de caranguejo se mostrou adsorvente alternativo adequado a remoção do azul de metileno de solução aquosa.

Palavras-chave: adsorção, azul de metileno, termodinâmica, resíduos de crustáceo.

1. INTRODUÇÃO

Mais de 3600 corantes orgânicos são usados hoje pela indústria de tingimento e acabamento. Essas indústrias têm um grande potencial poluidor por gerar grandes volumes de efluente líquidos contendo esses corantes orgânicos que muitas vezes são lançados sem tratamentos adequados nos corpos d'água (Kant, 2012).

Quando em concentrações elevadas nos corpos hídricos, esses corantes impedem a passagem da luz solar, impossibilitando o processo de fotossíntese das algas e plantas aquáticas, o que acarreta em uma diminuição da reoxigenação, deteriorando a biota do ecossistema (Zaharia *et al.*, 2009).

Um corante orgânico de grande utilização é o azul de metileno (MB), o mesmo é o mais presente em efluentes industriais, e em elevadas concentrações causa problemas de saúde como batimentos cardíacos elevados, vômitos, náusea, entre outros. Por isso, a necessidade da utilização de métodos eficientes e baratos para a remoção desse corante de efluentes (Siddiqui *et al.*, 2018).

Dentre vários métodos de tratamento de efluentes, a adsorção recebeu considerável atenção por suas vantagens, como capacidade de remover grande variedades de poluentes, ser aplicado no tratamento de água e efluentes, baixo custo operacional, e facilidade de operação (Ali *et al.*, 2012; LI *et al.*, 2015). Porém, devido o adsorvente representar o coração da operação de adsorção, dele são requeridas propriedades como alta área superficial específica, boa estrutura de poros, resistência física e química, as quais são obtidas por métodos caros (ex. da ativação). Essas propriedades possibilitam também que os adsorventes possam ser utilizados em consecutivos ciclos de adsorção/dessorção, tornando a operação de adsorção viável economicamente.

Como adsorvente comercialmente mais utilizado está o carvão ativado, suas propriedades como alta área superficial específica (1000 a 1300m²/g), natureza de sua superfície, entre outras, o tornam um adsorvente por excelência no tratamento de água para fins de potabilidade e no tratamento de efluentes. Entretanto, devido aos altos custos de ativação e regeneração, pesquisas têm procurado adsorventes alternativos ao carvão ativado, que sejam de baixo custo e que possam ser utilizados na indústria em batelada ou em coluna. Adsorventes oriundo de resíduos da agricultura (resíduos da casca de frutas), de bebidas e alimentos (fungos e leveduras), alga marinhas, e resíduos de crustáceos têm recebido grande atenção de recentes pesquisas (Gautam *et al.*, 2014).

O estado de Sergipe é o maior produtor e consumidor de crustáceos, destacando-se o caranguejo como espécie mais presente nos bares e restaurantes locais. Estima-se que 100 mil unidades são retiradas dos mangues toda semana para serem vendidos principalmente nos bares e restaurantes sergipanos e nas feiras da Bahia. O alto consumo de crustáceos nos bares e restaurante da região, gera um grande volume de resíduos que na maioria das vezes são descartados de forma inadequada impactando o meio ambiente (Barbieri; Mendonça, 2007).

Dentro dessa atmosfera de pesquisa em busca de um adsorvente alternativo ao carvão ativado, o presente trabalho tem como objetivo principal, avaliar os parâmetros termodinâmico da adsorção de corante orgânico por resíduos de caranguejo uça (*Ucides cordatus*).

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar os parâmetros termodinâmicos da adsorção de corante orgânico em resíduos de caranguejo uça (*Ucides cordatus*).

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar os parâmetros ótimos de adsorção: granulometria e dosagem dos resíduos do caranguejo;
- ✓ Levantar as isotermas de adsorção nas temperaturas de 303,15, 308,15, 313,15 e 323,15K;
- ✓ Ajustar os dados das isotermas de adsorção aos modelos de Langmuir e Freundlich;
- ✓ Obter os parâmetros termodinâmicos: ΔG° , ΔH° e ΔS° .

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. PREPARO DOS RESÍDUOS DO CARANGUEJO

Como adsorvente foi utilizado resíduo de caranguejo (carapaças) que foram coletados nos bares e restaurantes da orla de Aracaju (SE). Os resíduos foram limpos e lavados com água destilada e secos em secador solar por um período de 24 horas, e em seguida foram moídos em moinho de bolas cerâmicas por 10 minutos. Seguidamente foi realizada uma classificação granulométrica e as frações foram guardadas.

3.2. DETERMINAÇÃO DA GRANULOMETRIA ÓTIMA DO ADSORVENTE

Com o objetivo de determinar a granulometria ótima (de maior adsorção) a ser utilizada nos experimentos posteriores de adsorção, foi preparada uma solução de azul de metileno de concentração 15mg/L(C_i) e pH ajustado no intervalo de 10,5-11,0, com soluções de 1,0 e 0,1N de hidróxido de sódio (NaOH), e medido com peagâmetro PHOX/P1000). Foi utilizada uma dosagem de 1g/L do adsorvente, das seguintes frações granulométricas do resíduo do caranguejo, -200#, -100+200#, -32+100# e +32#. Foram realizados testes de adsorção (temperatura ambiente) em batelada utilizando Shaker (Cienlab) com agitação de 150rpm por 24horas. Em seguida foram separadas as fases via centrifugação (Kasvi), e a fase líquida foi enviada para o espectrofotômetro (Varian/Cary 100) para determinação da concentração de equilíbrio (C_e) do azul de metileno. Com a utilização da equação 3 foram calculadas as capacidades de adsorção q_e de cada fração granulométrica. Os testes de adsorção foram realizados em duplicata sendo utilizado o valor médio de q_e .

3.3. DETERMINAÇÃO DA DOSAGEM ÓTIMA DO ADSORVENTE

Para determinação da dosagem ótima do adsorvente (de maior adsorção), foi preparada uma solução de azul de metileno de concentração 15mg/L (C_i) pH ajustado no intervalo de 10,5-11,0, com soluções de 1,0 e 0,1N de hidróxido de sódio (NaOH), e medido com peagâmetro (PHOX/P1000). Foi utilizada a granulometria ótima determinada no item 4.2 e dosagens de 0,1, 0,25, 0,5, 1,0 e 2,0g/L, e em seguida foram realizados testes de adsorção

(temperatura ambiente) em batelada utilizando Shaker (Cienlab) com agitação de 150rpm por 24 horas. As fases foram separadas via centrifugação (Kasvi), e a fase líquida foi enviada para o espectrofotômetro (Varian/Cary 100) para determinação da concentração de equilíbrio (C_e) do azul de metileno. Com a utilização da equação 3 foram calculadas as capacidades de adsorção q_e de cada dosagem. Os testes de adsorção foram realizados em duplicata sendo utilizado o valor médio de q_e .

3.4. LEVANTAMENTO DAS ISOTERMAS DE EQUILÍBRIO DE ADSORÇÃO

Para levantamento das isotermas de adsorção foram preparadas soluções com concentrações iniciais (C_i) de 5, 10, 15, 20 e 25mg/L de azul de metileno, cada uma com pH ajustado no intervalo de 10,5-11,0, com soluções de 1,0 e 0,1N de hidróxido de sódio (NaOH), e medido com peagâmetro (PHOX/P1000). Foi utilizada a granulometria ótima determinada no item 4.2 e dosagem ótima determina no item 4.3. Foram realizados testes de adsorção em batelada utilizando Shaker com controle de temperatura (Cienlab) com agitação de 150rpm por 24 horas. Em seguida foram separadas as fases via centrifugação (Kasvi), e a fase líquida foi enviada para o espectrofotômetro (Varian/Cary 100) para determinação da concentração de equilíbrio (C_e) do azul de metileno. Com a utilização da equação 3 foram calculadas as capacidades de adsorção q_e . Cada teste de adsorção foi realizado em temperaturas constantes de 303, 15, 308,15, 313,15, e 323,15K, gerando assim uma isoterma de adsorção para cada temperatura. Os testes de adsorção foram realizados em duplicata sendo utilizado o valor médio de q_e .

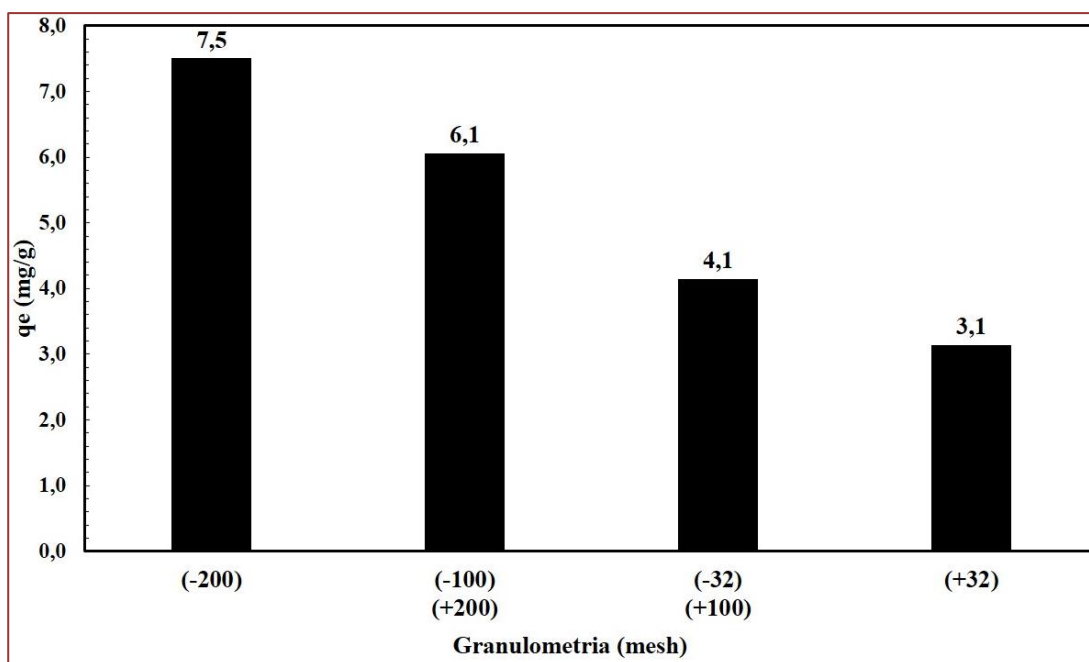
3.5. OBTENÇÃO DOS PARÂMETROS TERMODINÂMICOS

Com os dados do item 4.4 foi realizado o ajuste linear das isotermas de adsorção aos modelos de Langmuir e Freundlich, para cada temperatura, determinou-se assim o modelo que melhor se ajustou aos dados de isoterma de adsorção em todas as temperaturas. Desse melhor modelo, foi utilizado a constante K_F ou K_L (a depender do melhor modelo) para o cálculo de K_C , utilizando a equação 13 ou 14. Com os valores de K_C , foi feito um ajuste linear entre $\ln K_C$ e $1/T$ e com essa equação de ajuste e a equação 12 foram calculados os parâmetros ΔH° , ΔS° . Com os valores de K_C e equação 10 foram calculados os ΔG° para cada temperatura.

4. RESULTADOS E DISCURSÃO

4.1. INFLUÊNCIA DA GRANULOMETRIA DO RESÍDUO DE CARANGUEJO NA ADSORÇÃO DO AM

A Figura 6 mostra a influência do tamanho das partículas do resíduo do caranguejo na adsorção do azul de metileno (AM). Como pode-se observar, a adsorção foi inversamente proporcional ao tamanho das partículas do adsorvente. Houve um aumento de aproximadamente 142% na adsorção do azul de metileno quando a granulometria do adsorvente diminuiu de +32# ($q_e = 3,1\text{mg/g}$) para -200# ($q_e = 7,5\text{mg/g}$).

Figura 6: Influência da granulometria do adsorvente na adsorção do AM

Fonte: Autor, 2020.

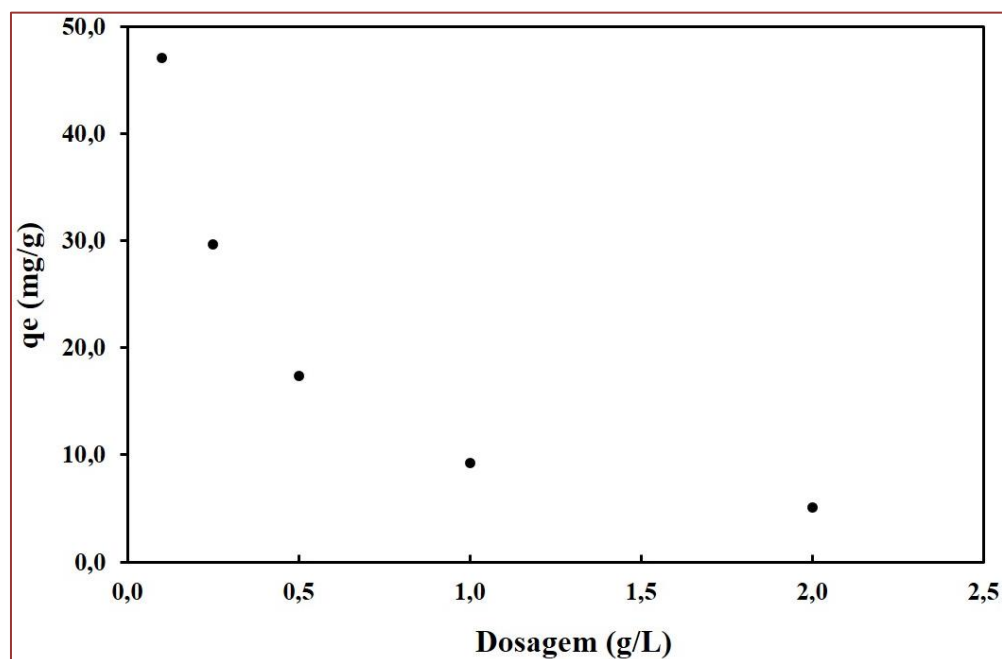
Esse comportamento de intensificação da adsorção ao se diminuir a granulometria do adsorvente pode ser explicado pelo aumento da área superficial específica e consequentemente o acréscimo no número de sítios ativos acessíveis no adsorvente para a adsorção do azul de metileno. Para partículas maiores do adsorvente a resistência à difusão no transporte de massa é maior, e a maior parte da superfície interna da partícula pode não ser utilizada, consequentemente a quantidade de azul de metileno adsorvida é menor (GOUAMID *et al*, 2013).

Resultado semelhante foi obtido por JAMARIM *et al.* (2018) ao estudar a adsorção do azul de metileno em casca da semente de moringa, houve uma redução da capacidade de adsorção de 27, 2 para 26,1mg/g quando o tamanho das partículas do adsorvente aumentou de 0,42 para 0,54mm.

A granulometria de -200# foi utilizada nos experimentos seguintes de adsorção.

4.2. INFLUÊNCIA DA DOSAGEM DO ADSORVENTE NA ADSORÇÃO DO AZUL DE METILENO (AM)

A Figura 7 mostra a influência da quantidade de resíduo do caranguejo na adsorção do azul de metileno. A relação entre capacidade de adsorção e dosagem do adsorvente é um importante parâmetro para se avaliar aspectos técnicos e econômicos da aplicação industrial do adsorvente. Por exemplo, esse parâmetro nos fornece informações da quantidade de adsorvente necessária a ser utilizada em condições operacionais para redução da concentração de um poluente em um efluente até os limites de concentração permitido por legislações ambientais.

Figura 7: Influência da dosagem do resíduo do caranguejo na adsorção do AM

Fonte: Autor, 2020.

Como pode-se observar da Figura 7, há uma redução da capacidade de adsorção do azul de metileno com o aumento da dosagem do adsorvente. Na dosagem de 0,1g/L a capacidade foi de aproximadamente 47,0mg/g sendo reduzido até aproximadamente 5,0mg/L na dosagem de 2,0g/L, uma redução de 89%. Isso pode ser explicado pelo fenômeno de agregação e/ou aglomeração das partículas do adsorvente que pode ter ocorrido com o aumento da quantidade de adsorvente, reduzindo o número de sítios ativos acessíveis para adsorção.

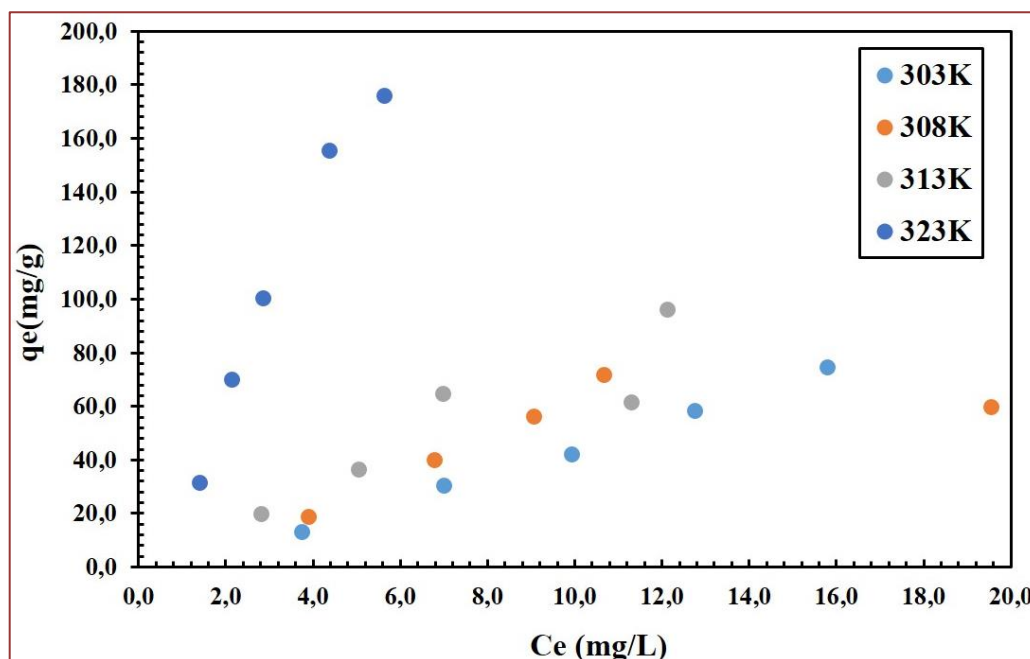
Resultado semelhante foi obtido por Mohebbali *et. al.* (2018) quando utilizou aipo modificado para remoção do azul de metileno em solução aquosa. Foi observado uma redução no q_e de 191,68 para 22,87mg/g quando a dosagem do adsorvente aumentou de 0,5 para 5,0g/L que foi explicado como, o aumento da quantidade do adsorvente diminuiu o número de sítios ativos acessíveis e aumentou o comprimento do caminho difusional até os sítios ativos no adsorvente.

A dosagem de 0,1g/L foi utilizada nos testes seguintes de adsorção.

4.3. ISOTERMAS DE EQUILÍBRIO

A Figura 8, mostra as isotermas de adsorção do azul de metileno no resíduo de caranguejo nas temperaturas de 303,15, 308,15, 313,15 e 323,15K. Foi utilizada a granulometria de - 200# e a dosagem do adsorvente de 0,1g/L.

Figura 8: Isotermas de adsorção do azul de metileno em resíduo de caranguejo nas temperaturas de 303,15, 308, 15, 313,15 e 323,15K

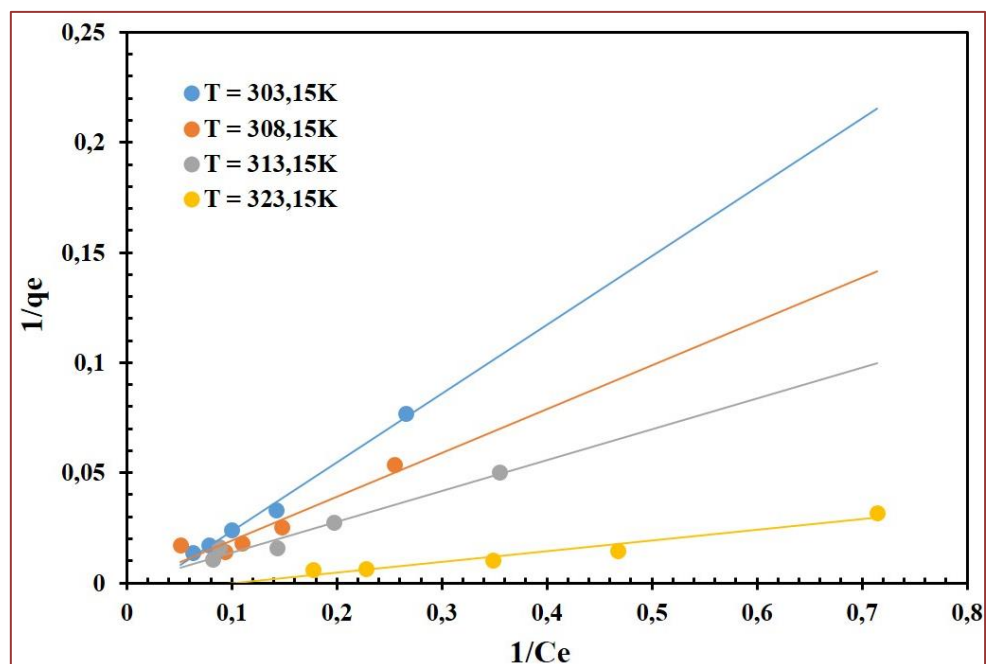


Fonte: Autor, 2020

Como mostra a Figura 8 e pela classificação das isotermas (Figura 4) pode-se observar que as isotermas se enquadram como favoráveis. Ainda pode-se observar que a adsorção do azul de metileno no resíduo de caranguejo foi favorecida pelo aumento da temperatura de 303,15 para 323,15K, o que indica que o processo de adsorção nesse sistema é endotérmico.

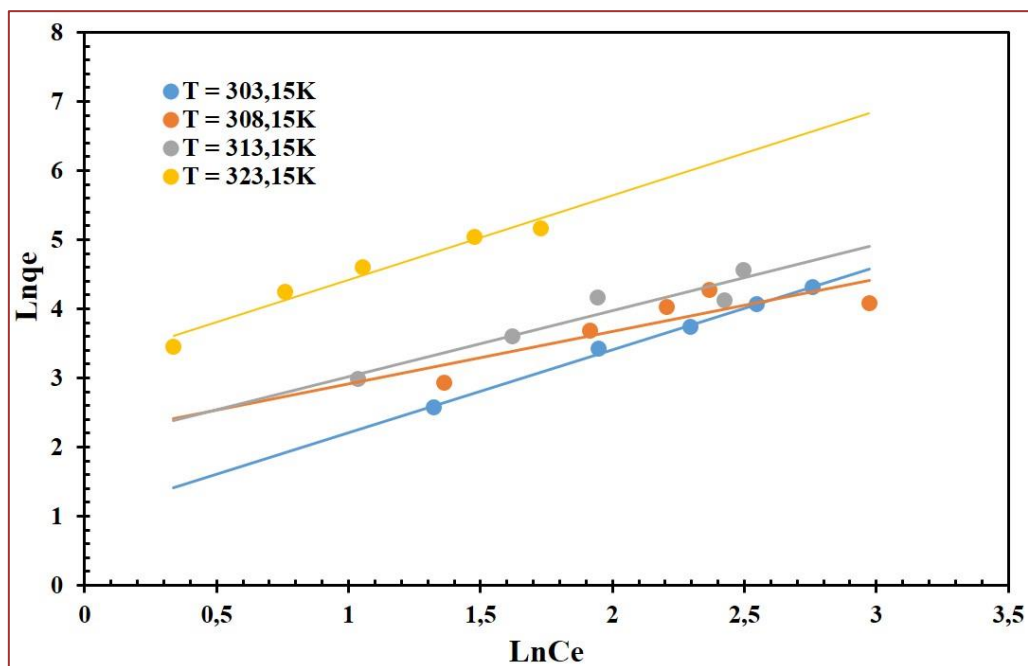
As isotermas da Figura 8 foram ajustadas pelos modelos de Langmuir e Freudlich como mostram as Figuras 9, 10. Os ajustes lineares foram realizados utilizando o pacote computacional Excel da Microsoft.

Figura 9: Ajuste das isotermas de adsorção em diferentes temperaturas ao modelo de Langmuir



Fonte: autor, 2020.

Figura 10: Ajuste das isotermas de adsorção em diferentes temperaturas ao modelo de Freundlich



Fonte: autor, 2020.

A Tabela 3 mostra os parâmetros de ajuste das isotermas de adsorção nas temperaturas de 303,15, 308,15, 313,15 e 323,15K, aos modelos de Freundlich e Langmuir. Como pode-se observar pelo valor R^2 (mais próximo de 1), houve um melhor ajuste ao modelo de Langmuir em todas as temperaturas.

Tabela 3: Ajuste das isotermas de adsorção em diferentes temperaturas aos modelos de Langmuir e Freundlich

Modelo	Parâmetros	Temperatura (K)			
		303,15	308,15	313,15	323,15
Freundlich	K_F	2,7555	8,6278	7,9120	24,415
	$1/n$	1,1993	0,7599	0,9554	1,2222
	R^2	0,9922	0,7156	0,9016	0,9402
Langmuir	K_L	0,0255	0,0350	0,0550	0,1053
	q_{max}	125,00	1428,57	3333,33	196,07
	R^2	0,9962	0,9003	0,9641	0,9676

Fonte: autor, 2020.

Sendo o modelo de Langmuir o mais adequado para representar os dados da isoterma de adsorção do sistema em estudo, pode-se inferir que a adsorção aconteceu através da cobertura em monocamada das moléculas do azul de metileno em sítios ativos e idênticos energeticamente na superfície do resíduo do caranguejo. Resultado idêntico foi encontrado por Miyah *et. al.* (2018), quando estudou a adsorção do azul de metileno em pó da casca de nozes.

A Tabela 4, mostra os valores do fator de separação (R_L), calculado pela equação 8 para as temperaturas de 303,15, 308,15, 313,15 e 323,15K e concentração inicial do adsorbato de 25mg/L.

Tabela 4: Fator de separação com concentração inicial do AM (C_i) de 25mg/L

T (K)	K_L (L/mg)	Fator de Separação, R_L
303,15	0,0255	0,611
308,15	0,0350	0,533
313,15	0,0550	0,418
323,15	0,1053	0,275

Fonte: autor, 2020.

Como pode ser observado, todos valores de R_L foram menores que 1, o que significa, pela tabela 2, que a forma da isoterma é côncava, o que pode ser comprovado na Figura 8, indicando que a adsorção do azul de metileno em resíduo de caranguejo é favorável.

Apenas determinar se a isoterma de adsorção de um sistema é favorável não é suficiente para avaliar o desempenho de um adsorvente. Normalmente, um parâmetro utilizado para avaliar e comparar o desempenho de diferentes adsorventes, é a capacidade de adsorção, q_e (em mg/g ou mmol/g). É importante levar em consideração que uma comparação direta dos dados obtidos utilizando diferentes trabalho com diferentes materiais não é possível, pois as condições experimentais não são sistematicamente as mesmas. Além de que para a utilização de um adsorvente alternativo na indústria, novos experimentos devem ser feitos, pois outros fatores como dificuldade de operação, praticabilidade, potencial de regeneração, custos e impacto ambiental, precisam ser levados em consideração ao selecionar um adsorvente em detrimento de outro. Também

é importante ressaltar que um adsorvente não convencional específico é aplicável apenas a uma classe específica de contaminantes. Assim, o uso de apenas um tipo de material é difícil para o tratamento de misturas complexas de águas residuais poluentes. (Crini *et al*, 2018).

Sabendo disso, para avaliar o desempenho do resíduo de caranguejo para remoção do azul de metileno, foi feita uma comparação indireta do desempenho utilizando diversos trabalhos que estudaram adsorção do corante azul de metileno em adsorventes alternativos. A Tabela 5 mostra essa comparação:

Tabela 5: Comparação da adsorção máxima de diversos adsorventes alternativos

Adsorvente	Máxima adsorção observada (mg/g)	Referência
Resíduo de Caranguejo	175, 90*	Este estudo
Carvão ativado a partir do endocarpo de açaí	149,00	ACIOLY <i>et al</i> , 2018
Resíduos de chá	85,16	UDDIN <i>et al</i> , 2009
Serragem de pinheiro modificada	84,00	ZHANG <i>et al</i> . (2015)
Epicarpo de Macaúba	73,20	DE LARA ABB <i>et al</i> , 2018
Casca de amendoim	72,13	SONG <i>et al</i> , 2011.
Resíduo de coco	70,92	HAMEED, MAHMOUD e AHMAD, 2018
Casca de batata	48,70	ALFREDO <i>et al</i> , 2015.
Sementes de moringa oleífera lam	27,20	JAMARIM <i>et al</i> , 2018.

*Condições: $C_i=25\text{mg/L}$; $\text{pH}=10-11$; $T=50^\circ\text{C}$

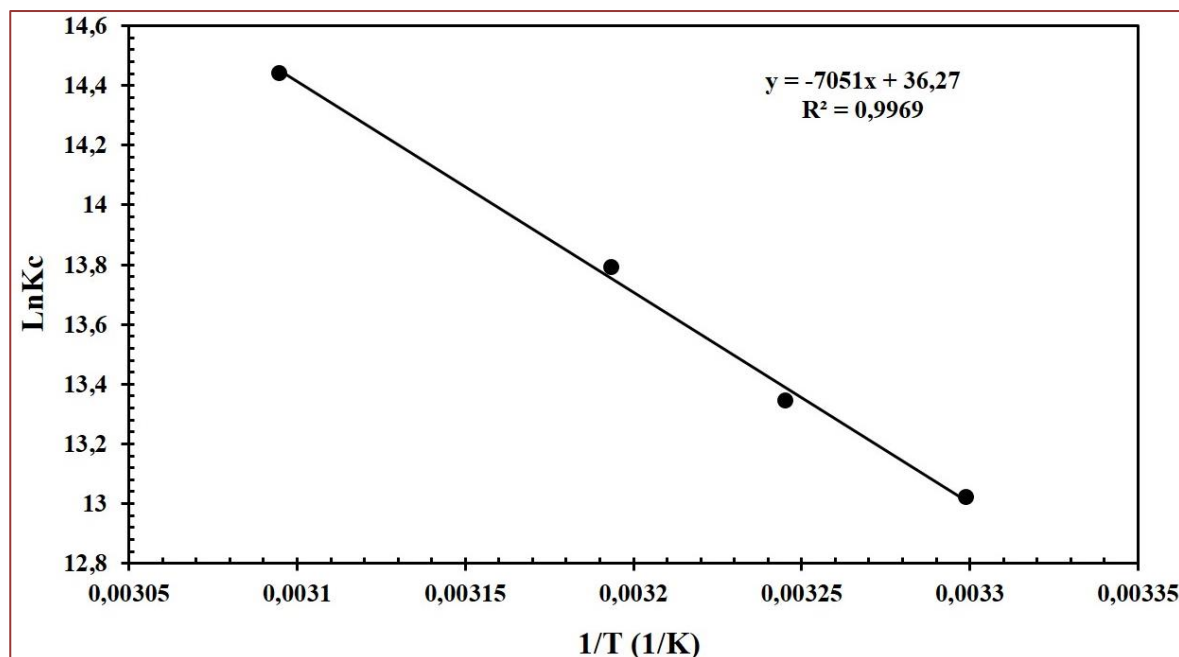
Fonte: Autor, 2020.

Considerando a máxima adsorção apresentada em cada estudo, o resíduo de caranguejo demonstrou um bom desempenho quando comparado com outras biomassas para remoção do azul de metileno, provando a relevância em ser realizados estudos posteriores que averiguem a utilização do resíduo caranguejo como adsorvente alternativo para tratamento de efluentes com azul de metileno, ou até com outros adsorbatos, em escala industrial.

4.4. OBTENÇÃO DOS PARÂMETROS TERMODINÂMICOS

A estimação dos parâmetros termodinâmicos depende fortemente da determinação precisa da constante de equilíbrio (K_c) entre as duas fases, adsorvente e solução. Uma maneira de se obter a constante de equilíbrio (K_c) é através da utilização das constantes dos modelos de isotermas, como por exemplo, Langmuir (K_L) e Freundlich (K_F). Dois pré-requisitos são essenciais para uma boa estimação dos parâmetros: a adimensionalidade do K_c e um bom ajuste de K_c e temperatura.

Como o modelo de Lagmuir foi o de melhor ajuste ao sistema em estudo, K_c foi obtido da equação 13, os valores de K_L e K_c são mostrados na Tabela 6. A Figura 11 mostra o ajuste linear ente K_c e temperatura, o valor de R^2 foi de 0,9969. Segundo Tran *et. al*. (2017) valores maiores de 0,9 são desejáveis.

Figura 11: Ajuste linear da relação da constante de equilíbrio K_C e temperatura

Fonte: autor, 2020

Com a equação 12 e com o coeficiente angular e linear da equação de ajuste da Figura 11 foram obtidos respectivamente a variação de entalpia (ΔH°) e a variação de entropia (ΔS°). Com a equação 10 e com os valores de K_C foram obtidos os valores da variação da energia de Gibbs (ΔG°) para cada temperatura. Todos os valores dos parâmetros termodinâmicos obtidos são mostrados na Tabela 6.

Tabela 6: Parâmetros termodinâmicos de adsorção

T(K)	K_L (L/mg)	K_C	ΔH° (kJ/mol)	ΔS° (J/mol.K)	ΔG° (kJ/mol)
303,15	0,0255	452667,7	+58,62	+301,55	- 32,82
308,15	0,0350	624859,0			- 34,19
313,15	0,0550	976342,1			- 35,91
323,15	0,1053	1869251,0			- 38,80

Fonte: autor, 2020

O valor positivo da variação de entalpia ($\Delta H^\circ = +58,62 \text{ kJ/mol}$) indica que o processo de adsorção do azul de metileno em resíduo de caranguejo foi endotérmico e as interações de natureza física ($\Delta H^\circ = 1-60 \text{ kJ/mol}$) prevaleceram entre o azul de metileno e o resíduo de caranguejo. A variação da entropia padrão (ΔS°) apresentou valor positivo de $301,55 \text{ kJ/mol.K}$, o que indica um aumento do grau de liberdade na interface resíduo do caranguejo-moléculas do azul de metileno e uma alta afinidade entre ambos.

A variação da energia de Gibbs (ΔG) foi de $-32,82$ a $-38,80 \text{ kJ/mol}$ com o aumento da temperatura ($303,15 - 323,15 \text{ K}$) indicando que o processo é favorável e espontâneo, e essa espontaneidade aumenta com o aumento da temperatura, ou seja, a adsorção do azul de metileno em resíduo do caranguejo é favorecida em altas temperaturas, dentro do intervalo de temperatura estudado. Resultados semelhantes foram encontrados quando

se estudou a adsorção do azul de metileno em diferentes adsorventes (Miyah, et. al., 2018; Omer, et. al., 2018; Setiabu, et. al., 2016).

5. CONCLUSÃO

O processo de adsorção do azul de metileno em resíduo de caranguejo foi intensificado com a redução da granulometria (-200#) e menor dosagem do resíduo (0,1g/L).

Os dados de equilíbrio de adsorção se ajustaram melhor ao modelo de Langmuir para o intervalo de temperatura estudado (303,15 a 323,15K), indicando uma cobertura em monocamada das moléculas do azul de metileno na superfície homogênea do resíduo de caranguejo. O adsorvente apresentou uma capacidade de adsorção (q_e) de 175,9mg/g, em pH = 10-11, T = 50°C e C_i = 25mg/L. Esse valor da capacidade de adsorção se apresentou alto com relação a trabalhos encontrados na literatura da adsorção do azul de metileno em outros adsorventes alternativos.

A estimativa dos parâmetros termodinâmicos apresentou variação de entalpia (ΔH°) de +58,62 KJ/mol, o que caracterizou a adsorção como processo endotérmico e de natureza física, a variação da entropia (ΔS°) foi de +301,55 J/mol.K, indicando um alto grau de liberdade na interface resíduo do caranguejo e moléculas do azul de metileno, e alta afinidade adsorvente - adsorbato. Os valores da variação da energia de Gibbs (ΔG°) com a variação da temperatura (303,15-323,15K) foi de -32,84 a -38, 80KJ/mol, o que mostrou um processo favorável, espontâneo e que a adsorção do azul de metileno no resíduo de caranguejo é favorecida pelo aumento da temperatura.

Assim, conclui-se que o resíduo de caranguejo obteve bons resultados como adsorvente orgânico alternativo para a remoção do corante azul de metileno em solução aquosa, justificando estudos futuros que contribuam para a utilização desse resíduo em escala industrial, não só para remoção do azul de metileno, mas também para outras substâncias de forte impacto ambiental presente em efluente líquidos.

REFERÊNCIAS

- [1] ACIOLY, C.M. S. N. *et al.* "Adsorção de azul de metileno em carvão ativado produzido a partir do endocarpo do açaí: estudo termodinâmico e de equilíbrio". In: Encontro Brasileiro sobre Adsorção (EBA). No. 12, p. 1-7, Gramado, 2018.
- [2] ADEGOKE, Kayode; BELLO, Olugbenga. Dye Sequestration Using Agricultural Wastes as Adsorbents. **Water Resources anbarbierid Industry**. Vol. 12, p. 8-24, dez, 2015.
- [3] ALFREDO, A.P.C. et al. Adsorção de Azul de Metileno em Casca de Batata Utilizando Sistemas em Batelada e Coluna de Leito Fixo. **Revista Virtual de Química**. Vol. 7, No. 6, p. 1-12, jul, 2015.
- [4] ALI, Hazrat. Biodegradation of Synthetic Dyes—A Review. **Water Air Soil Pollut**. 213. P. 251-273. 2010.
- [5] BARBIERI, E.; MENDONÇA, J. T. **Na lama, a dura batalha dos catadores de caranguejos**. 2007. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2007_3/caranguejos/index.htm> Acesso em: 15 de outubro de 2019.
- [6] BRASÍLIA. Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção. **Indústria Têxtil e de Confecção Brasileira**. Brasília, 2013.
- [7] CARMEN, Zaharia; DANIELA, Suteu. Textile Organic Dyes – Characteristics, Polluting Effects and Separation/Elimination Procedures from Industrial Effluents – A Critical Overview. In: PUZYN, Tomasz; MOSTRAG, Aleksandra. **Organic Pollutants Ten Years After the Stockholm Convention**. Intech. 2012.
- [8] CHANG, Yingju; LAI, Juin-Yih ; LEE, Duu-Jong. Thermodynamic parameters for adsorption

equilibrium of heavy metals and dyes from wastewaters: Research updated. **Bioresource Technology**. Ed. Elsevier. Vol. 222, p. 513-516, dez, 2016.

[9] COSTA, M. T. *et al.* "Avaliação de diferentes parâmetros na adsorção do azul de metileno utilizando a casca da banana como agente adsorvente". In: Encontro Brasileiro sobre Adsorção (EBA). No. 10, p. 1-5, Guarujá, 2014.

[10] CRINI, Gregorio *et al.* Chapter 2: Adsorption-Oriented Processes Using Conventional and Non-conventional Adsorbents for Wastewater Treatment. In: CRINI, Gregorio; LICHTFOUSE, Eric. **Green Adsorbents for Pollutant Removal: Fundamentals and Design**. Springer. 2018.

[11] DE LARA, A.B.B. *et al.* "Preparação e caracterização de um adsorvente obtido a partir do epicarpo de macaúba para a remoção de azul de metileno – estudos termodinâmicos". In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química. No. 22, p.1-4, São Paulo, 2018.

[12] DO NASCIMENTO, Ronaldo F. *et al.* **Adsorção** : Aspectos teóricos e aplicações ambientais. Ed. UFC. Fortaleza. 2014.

[13] DO, Duong D. **Adsorption Analysis: Equilibria and Kinetics**. Imperial College Press. Vol. 2. London. 1998.

[14] DOKE, K.M. *et al.* **Biosorption of hexavalent chromium onto wood apple shell : Equilibrium, kinetic and thermodynamic studies**. Desalination and water treatment. 50, p. 170-179, dez, 2012.

[15] GADD, Geoffrey. Biosorption: critical review of scientific rationale, environmental importance and significance for pollution treatment. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**. Vol. 84, p. 13-28, jan, 2009.

[16] GAUTAM, Ravindra Kumar *et al.* Biomass-derived biosorbents for metal ions sequestration: Adsorbent 3 modification and activation methods and adsorbent regeneration. **Journal of Environmental Chemical Engineering**. Ed. Elsevier, p. 239-259. 2014.

[17] GOUAMID, M. *et al.* **Adsorption Equilibrium, Kinetics and Thermodynamics of Methylene Blue from Aqueous Solutions Using Date Palm Leaves**. Energy Procedia, 36, p. 898-907, 2013.

[18] GUPTA, V.K.; SUHAS. Application of Low-Cost Adsorbents for Dye Removal—A Review. **Journal of Environmental Management**, 90, No 8, p. 2313-2342, mar, 2009.

[19] HAMEED, Bassim; MAHMOUD, D.K.; AHMAD, Latif. Equilibrium modeling and kinetic studies on the adsorption of basic dye by a low-cost adsorbent: coconut (Cocos nucifera) bunch waste. **Journal of Hazardous Materials**. Vol. 158, p. 65-72, fev, 2018.

[20] JAMARIM, V.M. *et al.* "Remoção do corante azul de metileno utilizando a casca da semente da *moringa oleífera* lam como adsorvente". In: Encontro Brasileiro sobre Adsorção (EBA). No. 12, p. 1-6, Gramado, 2018.

[21] KANT, Rita. Adsorption of Dye Eosin from an Aqueous Solution on Two Different Samples of Activated Carbon by Static Batch Method. **Journal of Water Resource and Protection**. Vol.4, No.2, p. 1-6, fev, 2012.

[22] LI, Leilei *et al.* The preparation of novel adsorbent materials with efficient adsorption performance for both chromium and methylene blue. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**. Ed. Elsevier. Vol. 141, p. 253-259, mai, 2016.

[23] LIMA, Eder *et al.* A critical review of the estimation of the thermodynamic parameters on adsorption equilibria. Wrong use of equilibrium constant in the Van't Hoof equation for calculation of thermodynamic parameters of adsorption. **Journal of Molecular Liquids**. Ed. Elsevier. Vol. 273, p. 425-434, jan, 2019.

[24] LIU, Xiang; LEE, Duu-Jong. Thermodynamic parameters for adsorption equilibrium of heavy metals and dyes from wastewaters. **Bioresource Technology**. Ed. Elsevier. Vol. 160, p. 24-31, mai, 2014.

[25] METCALF; EDDY. **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse**. 4th edition. McGraw-Hill Companies. New York. 2003.

[26] MIYAH, Youssef *et al.* Adsorption of methylene blue dye from aqueous solutions onto walnut shells powder : Equilibrium and kinetic studies. **Surfaces and Interfaces**. Ed. Elsevier. Vol. 11, p.74-81, jun, 2018.

Capítulo 8

Análise espaço temporal da erosividade na bacia do Rio Montividiu, Sudoeste Goiano (Savana Brasileira)

Hevrlí da Silva Carneiro Pilatti

Wellmo dos Santos Alves

Nicolý Giroto Moraes

Resumo: Este estudo analisa a erosividade da chuva na bacia hidrográfica do Rio Montividiu (BHRM), situada no Sudoeste do estado de Goiás, no Cerrado brasileiro. O objetivo principal é realizar uma análise geoespacial da erosividade mensal (E_m) e erosividade anual (E_a) na BHRM, identificando áreas com maior e menor vulnerabilidade à erosão. A metodologia empregada incluiu a utilização de dados de estações climatológicas próximas à área de estudo e técnicas de geoprocessamento, comparando os resultados com classificações propostas na literatura. Os resultados indicaram que a E_m varia significativamente ao longo do ano. Durante os meses de janeiro, fevereiro, março, novembro e dezembro, a E_m foi muito forte, com valores entre 1.287,29 e 1.592,80 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ mês⁻¹, coincidentes com o período chuvoso. Nos meses de maio a setembro, a E_m foi muito baixa, variando de 2,84 a 75,35 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ mês⁻¹, correspondendo ao período de estiagem. Abril e outubro apresentaram erosividade baixa a moderada, refletindo a transição entre os períodos chuvoso e seco. Observou-se E_a muito forte, com valores entre 7.792,30 e 7.879,82 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, destacando a significância da erosão na região. Observou-se também que os processos erosivos mais intensos ocorrem a montante do ponto de captação de água, afetando a qualidade da água para abastecimento público devido ao aumento de sedimentos e contaminantes. Conclui-se que a compreensão dos padrões sazonais de erosividade é fundamental para o desenvolvimento de estratégias de manejo e conservação do solo, visando mitigar os efeitos da erosão e assegurar a sustentabilidade ambiental na BHRM.

Palavras-chave: análise geoespacial, erosão, recursos hídricos, conservação do solo, sustentabilidade hídrica.

1. INTRODUÇÃO

O Cerrado, um dos biomas mais importantes do Brasil, enfrenta desafios significativos devido à erosividade da chuva, especialmente em áreas onde a interação entre chuvas intensas e características do solo propicia processos de degradação acelerada (Veloso et al., 2023; Moreno et al., 2023). Um exemplo dessa problemática é evidenciado na BHRM, localizada no sudoeste do estado de Goiás, onde a erosão representa uma ameaça à qualidade da água, à produção agropecuária e ao abastecimento urbano.

A erosão hídrica, impulsionada por chuvas intensas, desempenha um papel crucial na degradação do solo na BHRM. Esse fenômeno compromete não apenas a capacidade de retenção de água e a fertilidade do solo, mas também a disponibilidade de recursos hídricos essenciais para a população e a produção agrícola da região, Duarte et al, 2023.

Compreender a erosividade da chuva na BHRM é fundamental para o desenvolvimento de estratégias de conservação e manejo sustentável (Petsch et al., 2023). A identificação das áreas mais vulneráveis à erosão permitirá a implementação de medidas preventivas e mitigadoras, visando à proteção dos recursos naturais e à promoção da sustentabilidade ambiental e socioeconômica da região (Danarta, 2022).

Apesar da relevância do tema, são escassos os estudos que abordam a erosividade da chuva na BHRM. Esta pesquisa busca preencher essa lacuna de conhecimento, fornecendo uma análise detalhada da erosividade em escala mensal e anual na área de estudo.

O principal objetivo deste estudo é realizar uma análise geoespacial da erosividade mensal (E_m) e erosividade anual (E_a) na BHRM, permitindo a identificação de padrões temporais e espaciais e a delimitação de áreas com maior e menor vulnerabilidade à erosão.

Para alcançar esse objetivo, serão utilizados dados de estações climatológicas próximas à área de estudo, juntamente com técnicas de geoprocessamento. Os resultados obtidos foram comparados com classificações propostas na literatura, proporcionando uma avaliação abrangente da erosividade na BHRM.

2. MATERIAL E MÉTODO

2.1. ÁREA DE ESTUDO

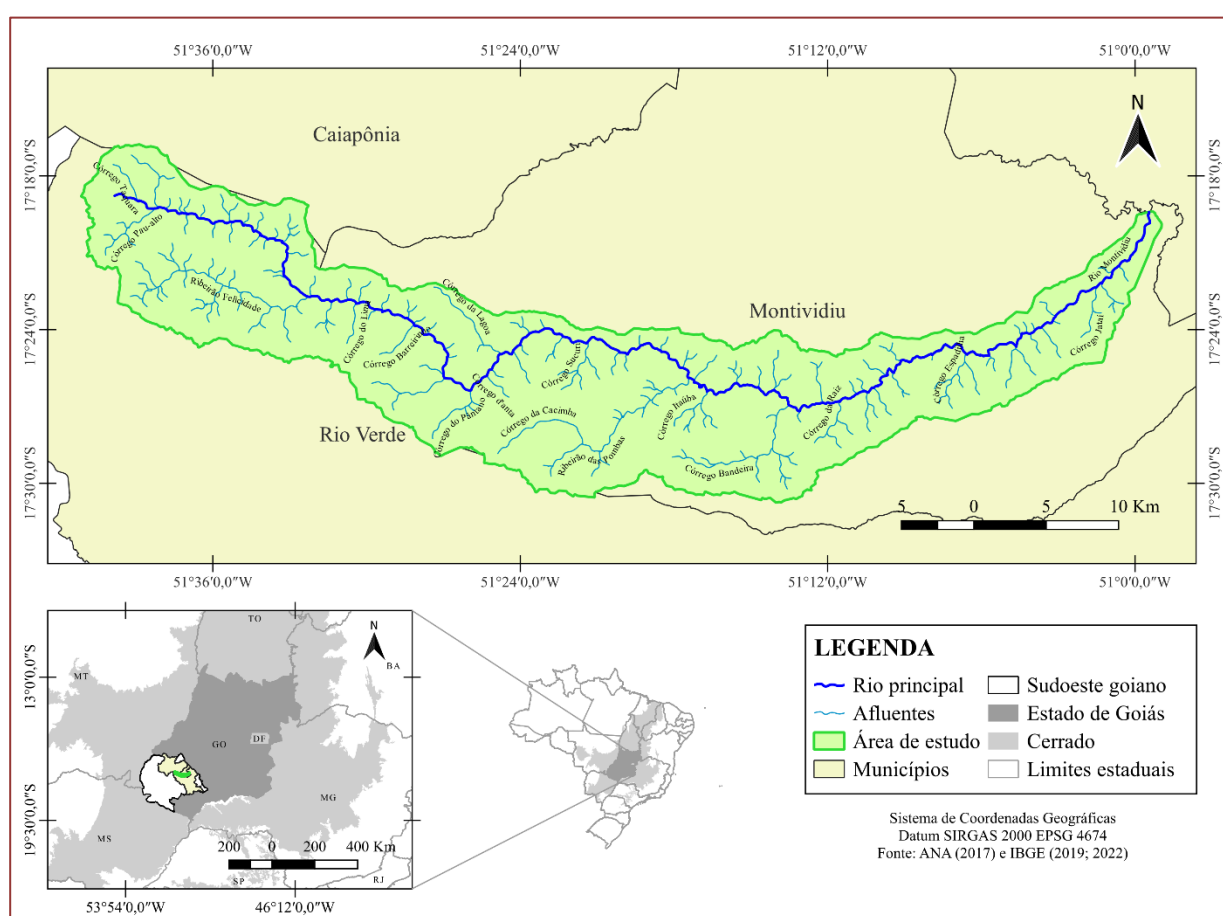
A BHRM, localizada no município de Montividiu, situado no sudoeste do estado de Goiás, abrange uma área de contribuição de 695,021 km² e integra a vasta bacia hidrográfica do Rio Paranaíba (Figura 1). Caracterizada por uma rica rede de afluentes, incluindo o Córrego Jataí, Córrego da Raiz, Córrego Bandeira, Ribeirão das Pombas, Córrego Sucuri, Córrego da Lagoa e Ribeirão Felicidade, esta bacia é vital para a região. O Rio Montividiu, sua principal artéria hídrica, tem sua nascente localizada nas coordenadas geográficas 51°39'50.82"W/ 17°17'34.37"S, a uma altitude de 1.030 m. Ao longo de seu percurso, alimenta diversas atividades socioeconômicas e ecossistemas, antes de desaguar no Rio Verde, conhecido localmente como Rio Verdão, situado a uma cota de 670 m, nas coordenadas geográficas 50°59'38.56"W/17°19'25.88"S.

A relevância hídrica dessa região é destacada pelo fato de que o município, conforme documentado no processo nº 18922015 da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD (2018), possui direitos de outorga de água do Rio Montividiu para abastecimento urbano, garantindo o fornecimento de 60 litros por segundo (L/s), além de concessões a proprietários rurais para uso na produção

agropecuária.

Segundo a classificação Köppen-Geiger, o clima da região é categorizado como Aw (tropical seco-úmido) (Cardoso et al., 2014). Este tipo de clima é marcado por duas estações distintas: o período chuvoso, que geralmente se estende de setembro a abril, e o período de estiagem, que domina o restante do ano, ocasionalmente interrompido por chuvas esporádicas. Durante a estação chuvosa, são comuns os "veranicos", períodos de seca que podem representar desafios para a agricultura, especialmente durante o crescimento das culturas (Silva et al., 2019).

Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do Rio Montividiu, estado de Goiás, Cerrado, Brasil

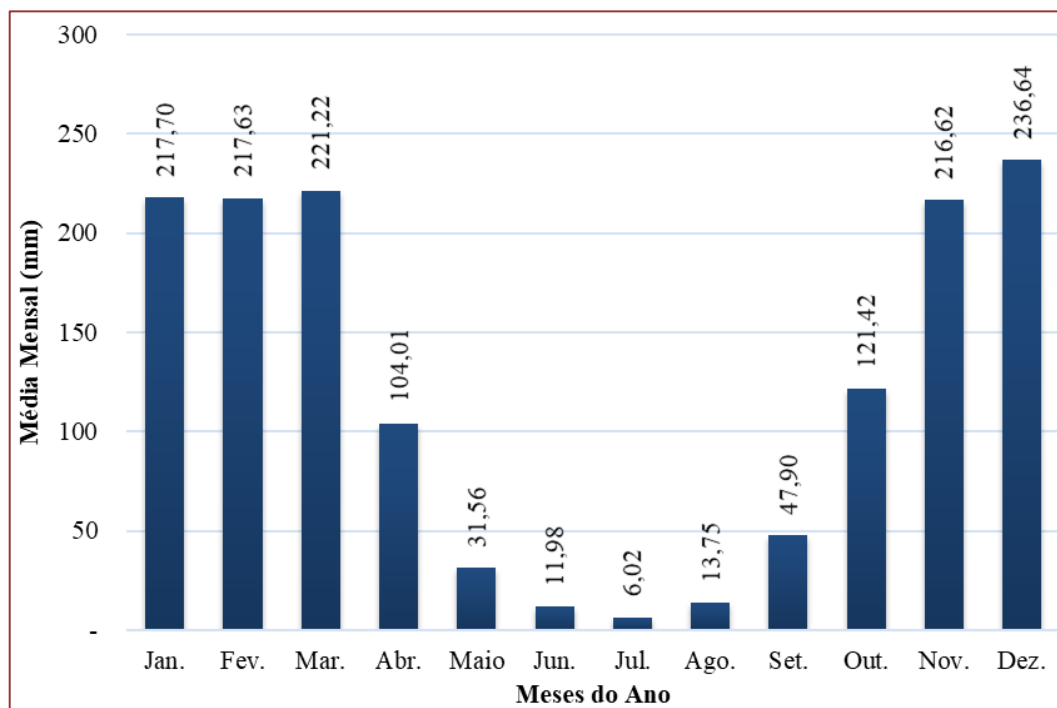


Fonte: Mapa organizado pelos autores a partir de bases de dados geográficos disponibilizadas pela ANA (2017) e IBGE (2019; 2022).

Os dados da estação climatológica de Montividiu (código 1751004), ao longo de uma série temporal de 34 anos (de janeiro de 1986 a dezembro de 2019), revelam uma precipitação média mensal de 120,54 mm e um índice pluviométrico médio anual de 1.446,44 mm (Figura 2) (ANA, 2020).

Quanto à vegetação, o Cerrado é composto por uma variedade de formações, incluindo florestas, matagais, pastagens e áreas úmidas (Oliveira et al., 2019). Essa diversidade vegetal contribui para a riqueza biológica e a complexidade do bioma.

Figura 2. Média mensal de índice pluviométrico na estação Montividiu (estação nº 01751004) de janeiro de 1986 a dezembro de 2019, estado de Goiás, Cerrado, Brasil



Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados disponibilizados pela ANA (2020).

2.2. FATOR DE EROSIVIDADE

A erosividade é um índice que relaciona o valor médio mensal e anual da chuva de um local com a capacidade de erodir o solo de um terreno desprotegido de vegetação (Lombardi Neto e Moldenhauer, 1992). A erosividade foi obtida conforme a proposta de Bertoni e Lombardi Neto (2014), considerando a Equação 1 (E1) para estimar a R_m e a Equação 2 (E2) para estimar a E_a . Para isso, foram coletados dados pluviométricos disponibilizados pelo Portal HidroWeb da Agência Nacional de Águas do Brasil (ANA, 2020), para uma série temporal de 34 anos (1986-2019). No Quadro 1 são apresentadas as informações sobre as estações.

Quadro 1. Localização das estações pluviométricas e seus níveis de erosividade

Nome da Estação	Código da Estação	Latitude	Longitude
Caiapônia	1651000	16°56'58.92"	51°47'57.84"
Fazenda Paraíso	1750008	17°27'56.88"	50°46'27.12"
Ponte Rio Doce	1751001	17°51'23.04"	51°23'48.12"
Benjamin Barros	1751002	17°41'42"	51°53'31.92"
Montividiu	1751004	17°21'52.92"	51°04'36.12"

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados de precipitação pluviométrica disponibilizados pela ANA (2020).

O conjunto de dados, depois de tabulados e organizados, foram inseridos nas fórmulas e obtidos os valores de R_m e R_a . Em seguida, foi realizada geocodificação, gerando malhas por meio do interpolador Spline para produção de mapas da erosividade mensal e anual. Os resultados da E_a foram classificados de acordo com a proposta de Carvalho (2008), e da E_m conforme a classificação adaptada por Santos (2008) de Larios (2007) (Quadro 2).

$$R_m = 67,355 \left(\frac{r^2}{p} \right)^{0,85} \quad (E1)$$

$$R_a = \sum_{i=1}^{12} 67,355 \left(\frac{r^2}{p} \right)^{0,85} \quad (E2)$$

Nas quais, R_m é a erosividade mensal ($MJ \text{ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$); R_a , a erosividade anual ($MJ \text{ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$); r , a precipitação média mensal (mm); P , a precipitação média anual (mm).

Quadro 2. Classes de erosividade anual e mensal utilizadas como parâmetro

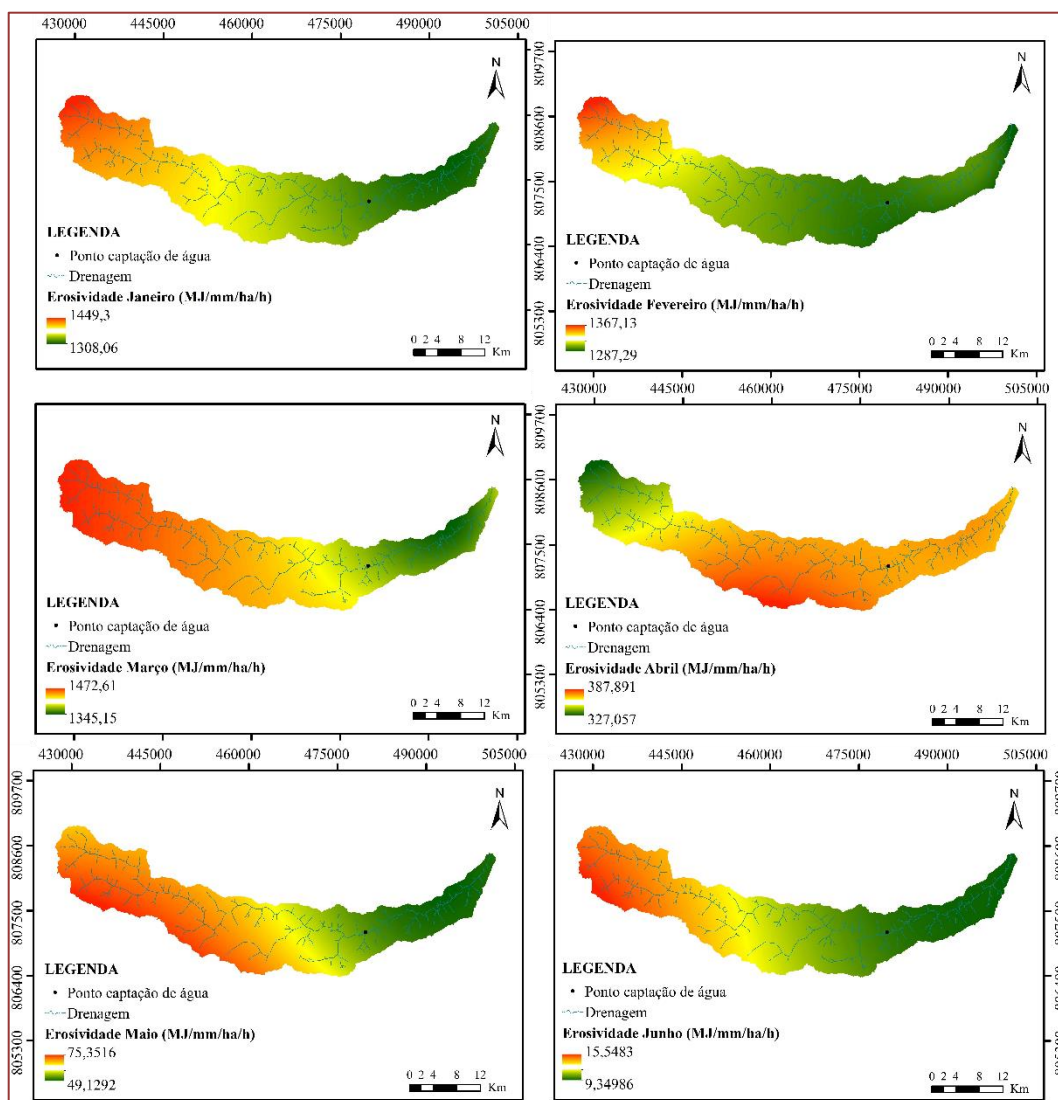
Classes	Valores de erosividade	
	$MJ \text{ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$	$MJ \text{ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$
Muito baixa	$R \leq 2452$	$R < 250$
Baixa	$2452 < R \leq 4905$	$205 < R < 410$
Média	$4905 < R \leq 7357$	$410 < R < 615$
Forte	$7357 < R \leq 9810$	$615 < R < 820$
Muito forte	$R > 9810$	$R > 820$

Fonte: Classificação anual proposta por Carvalho (2008); classificação mensal adaptada por Santos (2008) de Larios (2007).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

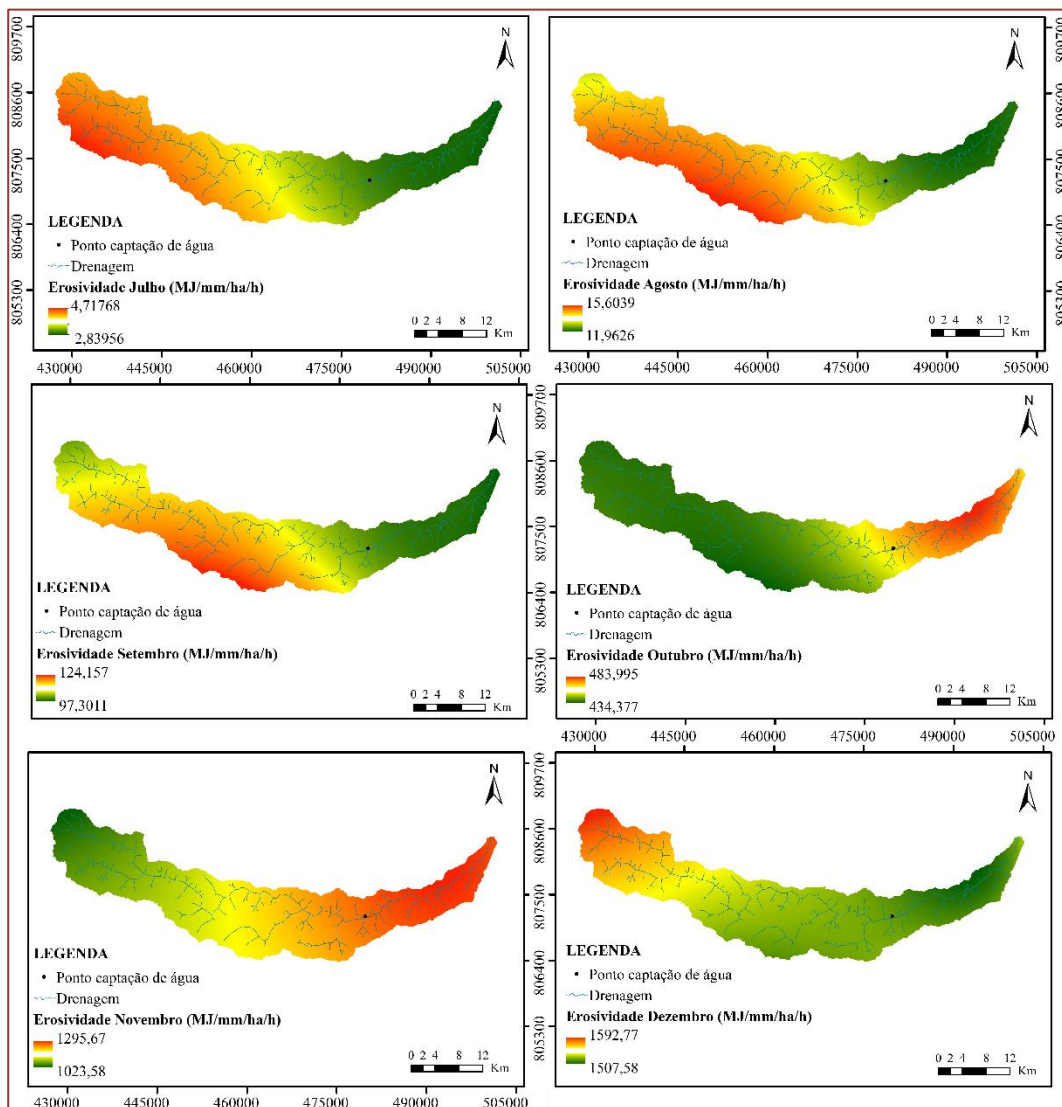
Os resultados geoespacializados da erosividade mensal são apresentados na Figura 3 e Figura 4, e da erosividade anual, na Figura 5. A classificação dos resultados, conforme as classes propostas por Carvalho (2008), é apresentada na Tabela 1.

Figura 3. Mapas de erosividade mensal (de janeiro a junho) na bacia hidrográfica do Rio Montividiu, estado de Goiás, Cerrado, Brasil



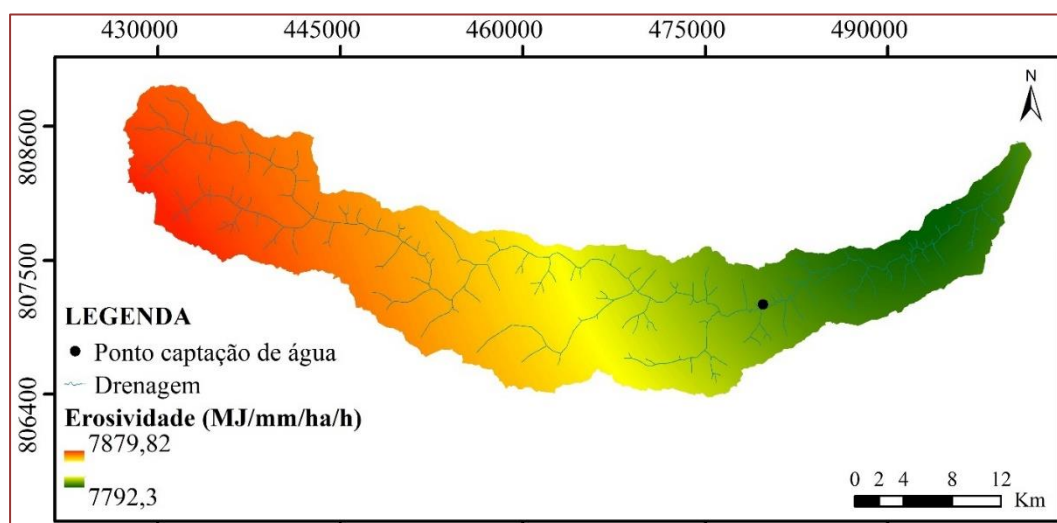
Fonte: Elaborado pelos autores na projeção UTM, SIRGAS 2000, Zona 22S.

Figura 4. Mapa de erosividade mensal (de julho a dezembro) na bacia hidrográfica do Rio Montividiu, estado de Goiás, Cerrado, Brasil



Fonte: Elaborado pelos autores na projeção UTM, SIRGAS 2000, Zona 22S.

Figura 5. Mapa de erosividade anual na bacia hidrográfica do Rio Montividiu, estado de Goiás, Cerrado, Brasil



Fonte: Elaborado pelos autores na projeção UTM, SIRGAS 2000, Zona 22S.

Tabela 1. Valores de erosividade mensal e anual observados para a bacia hidrográfica do Rio Montividiu, estado de Goiás, Cerrado, Brasil

Mês	Mensal (MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ mês ⁻¹)	Classificação
Janeiro	1.308,06 a 1.449,30	Muito forte
Fevereiro	1.287,29 a 1.367,13	Muito forte
Março	1.345,15 a 1.472,61	Muito forte
Abril	327,06 a 387,89	Baixa
Maio	49,13 a 75,35	Muito baixa
Junho	9,35 a 15,55	Muito baixa
Julho	2,84 a 4,72	Muito baixa
Agosto	11,96 a 15,60	Muito baixa
Setembro	97,30 a 124,16	Muito baixa
Outubro	434,38 a 484,00	Média
Novembro	1.023,58 a 1.295,67	Muito forte
Dezembro	1.507,58 a 1.592,80	Muito forte
Anual (MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹)	7.792,30 a 7.879,82	Alta

Fonte: Elaborado pelos autores.

A análise dos resultados da erosividade mensal na BHRM revela padrões interessantes ao longo do ano. Durante os meses de janeiro, fevereiro, março, novembro e dezembro, observou-se erosividades com valores variando entre 1.023,58 e 1.592,80 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ mês⁻¹, classificadas como muito forte. Esses são os meses caracterizados pelo período chuvoso na região, quando as chuvas são mais intensas e frequentes. Comportamento similar foi verificado por Silva (2023) na bacia hidrográfica do Córrego do Sapo, em Rio Verde, Goiás, bacia próxima a deste estudo.

Por outro lado, os meses de maio, junho, julho, agosto e setembro apresentaram valores de erosividade entre 2,84 e 124,16 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ mês⁻¹, classificados como de erosividade muito baixa. Esses são os meses típicos do período de estiagem na região, quando as chuvas são escassas e intermitentes. A baixa erosividade durante esse período está associada à reduzida quantidade e intensidade das chuvas, que limita o impacto erosivo sobre o solo.

Os meses de abril (327,06-387,89 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ mês⁻¹) e outubro (434,38-484,00 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ mês⁻¹) apresentaram valores de erosividade baixa e média, respectivamente. Esses meses marcam a transição entre o período chuvoso e o período de estiagem, caracterizando-se por uma diminuição (transição do período chuvoso para o de estiagem) ou aumento (transição do período de estiagem para o chuvoso) gradual na quantidade e intensidade das chuvas. A erosividade moderada observada nesses meses reflete essa transição sazonal e os efeitos ainda perceptíveis das chuvas anteriores.

No contexto anual, a erosividade total na BHRM foi classificada como forte, com valores anuais variando entre 7.792,30 e 7.879,82 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹. Esse resultado ressalta a importância da erosão como um processo significativo na região, com potencial para impactar tanto os recursos naturais quanto as atividades humanas. Castagna *et al.* (2022) encontraram valores entre 7,136.66 e 11,755.65 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ para 25 municípios goianos, sendo o maior deles para Chapadão do Céu.

Além disso, observou-se que os processos erosivos mais intensos na BHRM ocorrem principalmente a montante do ponto de captação de água (Figura 3, Figura 4 e Figura 5). Esta constatação é de extrema relevância, especialmente considerando os danos potenciais à qualidade da água destinada ao abastecimento público. A erosão acelerada nessas áreas pode resultar no carreamento de sedimentos, nutrientes e poluentes para os corpos d'água, aumentando a turbidez e a carga de contaminantes. Isso não apenas compromete a potabilidade da água, mas também aumenta os custos de tratamento e manutenção das estações de tratamento de água. Portanto, a identificação das áreas mais vulneráveis à erosão, especialmente aquelas localizadas a montante e próximas ao ponto de captação de água, é crucial para o desenvolvimento de estratégias de manejo e conservação do solo que visem proteger a qualidade dos recursos hídricos e garantir o fornecimento seguro de água para a população.

Esses padrões sazonais de erosividade destacam a influência direta das chuvas na dinâmica erosiva na BHRM, assim como observaram Melo, Albuquerque e Vilela (2021) em estudo de erosividade no município de Águas Lindas, Goiás. Compreender essas variações sazonais é fundamental para o desenvolvimento de estratégias de manejo e conservação do solo, visando mitigar os efeitos da erosão e promover a sustentabilidade ambiental na região. Bolleli *et al.* (2023) afirmam que as medidas para mitigar a erosão hídrica incluem políticas de financiamento agrícola e seguros vinculados à adoção de práticas de conservação do solo, promovendo a sustentabilidade agrícola com extensão rural, certificação de produção sustentável e fiscalização rigorosa.

Segundo Teixeira (2023), análises revelaram que o centro de gravidade anual da erosividade das chuvas no Brasil está localizado em Goiás, com variação ao longo dos meses. Além disso, o mesmo autor cita que foram identificados pontos de alta intensidade de chuvas, sendo o território brasileiro dividido em onze regiões homogêneas em relação aos padrões de erosividade das chuvas, para as quais foram ajustados e validados modelos de regressão específicos.

4. CONCLUSÃO

A análise espaço-temporal da erosividade na BHRM revela a complexidade e a dinâmica dos processos erosivos nessa região do Cerrado. A classificação Köppen-Geiger como clima do tipo Aw, caracterizado por duas estações contrastantes, influencia diretamente os padrões de erosividade ao longo do ano. Durante o período chuvoso, observa-se maiores valores de erosividade mensal, refletindo a maior incidência e intensidade das chuvas, enquanto no período de estiagem a erosividade é significativamente reduzida, devido à escassez de precipitação.

A identificação desses padrões sazonais de erosividade é crucial para o desenvolvimento de estratégias de manejo e conservação do solo na BHRM. A implementação de práticas agrícolas sustentáveis, como o manejo adequado da vegetação e a adoção de técnicas de conservação do solo, pode ajudar a reduzir os impactos da erosão e promover a sustentabilidade ambiental na região.

Além disso, os resultados destacam a importância da gestão integrada dos recursos hídricos, considerando tanto o abastecimento urbano quanto as necessidades da produção agropecuária. A outorga de água do Rio Montividiu para o abastecimento urbano, aliada às concessões para uso na agricultura, requer uma abordagem cuidadosa e sustentável para garantir a disponibilidade de água a longo prazo e minimizar os conflitos entre os diversos usos.

Em suma, este estudo fornece percepções valiosas sobre os padrões de erosividade na BHRM, contribuindo para o desenvolvimento de políticas e práticas de manejo sustentável dos recursos naturais nessa importante região do Cerrado brasileiro.

REFERÊNCIAS

- [1] Agência Nacional de Águas – ANA, 2020. HidroWeb v3.1.1: Séries históricas de precipitação. <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas> (acessado em 14 de outubro de 2020).
- [2] Agência Nacional de Águas – ANA, 2017. Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas 2017 (BHO 2017). **Catálogo de Metadados da ANA**, 2017. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/0c698205-6b59-48dc-8b5e-a58a5dfcc989>. Acesso em: 25 jun. de 2024.
- [3] Bertoni, J., Lombardi Neto, F., 2014. Conservação do solo. 9. ed. São Paulo: Ícone.
- [4] Bolleli, T.; Santos, B.; Sanches, R.; Moreira, R.; Bourscheidt, V.; Souza, P. H. de; Mauad, F. Análise espaço-temporal e extrema da erosividade da chuva na região centro-leste do Estado de São Paulo, Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, Brasil, v. 43, p. e205190, 2023. DOI: 10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2023.205190. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/205190>. Acesso em: 27 jun. 2024.
- [5] Cardoso, MRD, Marcuzzo, FFN, Barros, JR, 2014. Classificação climática de Köppen-Geiger para o Estado de Goiás e o Distrito Federal. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, 8(16), pp. 40-55. <https://revista.ufrr.br/index.php/actageo/article/view/1384>.
- [6] Carvalho, NO, 2008. **Hidrossedimentologia prática**. 2. ed., rev., atual. e ampliada. Rio de Janeiro: Interciência.
- [7] Castagna, D.; Pacheco De Souza, A.; Gonçalves Vendrusculo, L.; Zolin, C. A. Rainfall Erosivity in Municipalities of the Brazilian Cerrado Biome. **Nativa**, [S. l.], v. 10, n. 3, p. 373–386, 2024. DOI: 10.31413/nativa.v10i3.13913. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/13913>. Acesso em: 27 jun. 2024.
- [8] Danarta, Agung. The Implementation of Disaster Mitigation based on Qur'anic Interpretation: muhammadiyah case study. **Jurnal Studi Ilmu-Ilmu Al-Qur'An Dan Hadis**, [S.L.], v. 23, n. 1, p. 125, 31 jan. 2022. Al-Jamiah Research Centre. <http://dx.doi.org/10.14421/qh.2022.2301-07>.

- [9] Duarte, L. O., Alves, W. dos S., Castro, R. M., Morais, W. A., Pereira, M. A. B., & Possa, E. M. (2023). Estimativa da erosão hídrica em uma bacia hidrográfica no estado de Goiás (Brasil) por meio de modelagem e inteligência geoespacial. *Revista Brasileira De Geografia Física*, 16(1), 081–100. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v16.1.p081-100>.
- [10] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2019. **Geociências**: Biomas. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/vegetacao/15842-biomas.html>. Acesso em: 25 jun. de 2024.
- [11] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2022. **Geociências**: Malha Municipal. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>. Acesso em: 25 jun. de 2024.
- [12] Larios, M. B. Erodibilidade e Erosividade. Disponível em: http://www.drenagem.ufjf.br/06erosao_09_erodibilidade_e_erosividade.htm. Acesso em: 30 nov 2007.
- [13] Lombardi Neto, F., Moldenhauer, WC, 1992. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). **Bragantia**, Campinas, 51 (2), pp.189-196. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87051992000200009>.
- [14] Melo, A. C. A.; Albuquerque, L, B.; Vilela, M. de F. Relação do uso e da ocupação do município de Águas Lindas e seus impactos ambientais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 14, n. 2, p. 634–649, 2021. DOI: 10.26848/rbgf.v14.2.p634-649. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/245173>. Acesso em: 27 jun. 2024.
- [15] Moreno, Mariana dos Santos *et al.* CLASSIFICAÇÃO DE UM PERFIL DE ANTROPOSOLO NO CONTEXTO DO ANTROPOCENO: estudo de caso em área de erosão acelerada na apa do tiburí, município de presidente prudente (sp)p. **Estudos Geográficos**: Revista Eletrônica de Geografia, [S.L.], v. 20, n. 3, p. 180-200, 27 mar. 2023. UNESP - Universidade Estadual Paulista. <http://dx.doi.org/10.5016/estgeo.v20i3.16730>.
- [16] Oliveira, VA, Mello, CR, Beskow, S., Viola, MR, Srinivasan, R., 2019. Modeling the effects of climate change on hydrology and sediment load in a headwater basin in the Brazilian Cerrado biome. **Ecological Engineering**, 133, pp. 20-31. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.04.021>.
- [17] Petsch, Carina *et al.* Proposta metodológica de mapeamento da vulnerabilidade à erosão: aplicação na bacia hidrográfica do rio santa maria, rs. *Geography Department University Of Sao Paulo*, [S.L.], v. 43, p. 197776, 16 maio 2023. Universidade de Sao Paulo, Agencia USP de Gestao da Informacao Academica (AGUIA). <http://dx.doi.org/10.11606/eissn.2236-2878.rdg.2023.197776>.
- [18] Santos, Cristiano Nunes dos. El Niño, La Niña e a erosividade das chuvas no estado do Rio Grande do Sul. 2008. 138 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2008. Disponível em: <http://guaiaca.ufpel.edu.br/handle/prefix/4925>. Acesso em: 19 maio 2024.
- [19] Silva, É. C. da. **Estimativa da perda de solo na Bacia Hidrográfica do Córrego do Sapo, Rio Verde - GO**. 2023. 55 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade - Instituto Federal Goiano, Rio Verde, Goiás, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/3657>. Acesso em: 27 jun. 2024.
- [20] Silva, FAM, Naudin, K., Corbeels, M., Scopel, E., Affholder, F., 2019. Impact of conservation agriculture on the agronomic and environmental performances of maize cropping under contrasting climatic conditions of the Brazilian Cerrado. **Field Crops Research**, 230, pp. 72-83. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.10.009>.
- [21] Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás – SIEG. Downloads/SIG – Shapefiles. <http://www.sieg.go.gov.br> (acessado em 14 de outubro de 2020).
- [22] Teixeira, D. B. de S. **Rainfall erosivity in Brazil**. 2023. 119 f. Tese (Doutorado em Meteorologia Aplicada) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2023. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/31039>. Acesso em: 27 jun. 2024.
- [23] Veloso, Mariana F. *et al.* Pedotransfer functions for estimating the van Genuchten model parameters in the Cerrado biome. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, [S.L.], v. 27, n. 3, p. 202-208, mar. 2023. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n3p202-208>.

Capítulo 9

Substâncias promotoras do crescimento vegetal

Magna Maria Macedo Nunes Costa

Resumo: As substâncias promotoras do crescimento vegetal são compostos, naturais ou sintéticos, que modificam ou controlam, através de ação fisiológica, o crescimento e a maturação das plantas. Se forem produzidas dentro da planta, são chamadas de hormônios vegetais ou fitormônios. No geral, são admitidas cinco classes principais de hormônios vegetais: auxinas, citocininas, giberelinas, etileno e ácido abscísico. No entanto, existem ainda muitas outras substâncias promotoras do crescimento vegetal que não podem ser agrupadas nessas classes, mas que desempenham funções semelhantes, inibindo ou promovendo o crescimento das plantas. Essas substâncias incluem brassinosteróides, ácido salicílico, ácido jasmônico, fusicocina, batasinas, estrigolactonas, estimulantes do crescimento (por exemplo, hymexazol e piripropanol) e desfolhantes (por exemplo, cianamida de cálcio e dimetipina). Os pesquisadores ainda estão trabalhando nas vias biossintéticas de alguns desses compostos. As substâncias promotoras do crescimento vegetal são muito úteis na agricultura, tanto em baixas como em altas concentrações. Elas afetam a germinação das sementes, a época de floração, o sexo das flores, a senescência das folhas e dos frutos, a formação das folhas, o crescimento do caule, o desenvolvimento e o amadurecimento dos frutos, a longevidade das plantas e até a senescência final. Alguns reguladores sintéticos também são usados como herbicidas e pesticidas. Portanto, deve-se conhecer bem a produção e a síntese dessas substâncias a fim de usá-las de forma que favoreça o rendimento das plantas cultivadas.

Palavras-chave: fitohormônio, auxinas, citocininas, giberelinas, etileno, ácido abscísico, reguladores de crescimento vegetal.

1. INTRODUÇÃO

Crescimento pode ser definido como um aumento em quantidade num determinado período de tempo. Essa quantidade pode ser física (por exemplo, crescimento em altura) ou abstrata (por exemplo, um sistema tornando-se mais complexo ou um organismo tornando-se mais maduro). Crescimento também pode ser referido como a mudança quantitativa que acompanha o desenvolvimento. O crescimento em plantas pode ser definido como um aumento irreversível no volume de um organismo (Taiz e Zeiger, 2016).

O crescimento das plantas ocorre principalmente nos meristemas onde mitoses rápidas fornecem novas células. Quando essas células se diferenciam, fornecem novos tecidos vegetais. A mitose no meristema apical da parte aérea (também chamado de broto terminal) produz células que permitem com que o caule cresça e, periodicamente, dê origem às folhas. O ponto no caule onde as folhas se desenvolvem é chamado de nó. A região entre um par de nós adjacentes é chamada de internódio. Novos meristemas, os brotos laterais, se desenvolvem nos nós, imediatamente acima do ponto onde uma folha está atada. Quando os brotos laterais se desenvolvem, produzem novos tecidos caulinares e, dessa forma, os ramos são formados

Sob circunstâncias especiais, tais como uma mudança no fotoperíodo, o meristema apical é convertido em botão floral, que desenvolve uma flor. Essa conversão gasta todo o meristema apical de forma que nenhum crescimento adicional do caule possa ocorrer naquele ponto. Entretanto, brotos laterais atrás da flor podem se desenvolver em ramos.

Regulador do crescimento vegetal é um composto orgânico natural ou sintético que modifica ou controla um ou mais processos fisiológicos dentro da planta. Se o composto é produzido dentro da própria planta, é chamado de hormônio vegetal. Regulador vegetal é definido como uma substância ou mistura de substâncias que têm como função, através da ação fisiológica, de acelerar ou retardar a taxa de crescimento ou maturação, ou ainda alterar o comportamento da planta ou a sua produção (Ogunyale et al., 2014).

Adicionalmente, reguladores vegetais são caracterizados por suas baixas taxas de aplicação. Entretanto, quando usados como herbicidas, são aplicados em altas taxas. Simplificando, os reguladores do crescimento vegetal (também conhecidos como reguladores ou hormônios vegetais) são substâncias químicas usadas para alterar o crescimento de uma planta ou de parte dela. Hormônios são substâncias naturalmente produzidas pelas plantas, que controlam suas funções, tais como crescimento radicular; frutificação, crescimento e maturação dos frutos e outros processos de crescimento e desenvolvimento. Os reguladores do crescimento vegetal que são usados como pesticidas devem ser regulamentados e registrados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para uso legal.

Hormônios vegetais (também conhecidos como fitormônios) são substância químicas que regulam o crescimento das plantas. O termo “Fitormônio” foi cunhado por Thimann em 1948. Os hormônios vegetais não são nutrientes, mas substâncias químicas que, em pequenas concentrações, promovem e influenciam o crescimento, o desenvolvimento e a diferenciação de células e tecidos. Hormônios vegetais são moléculas sinalizadoras produzidas dentro da planta em concentrações extremamente baixas. Os hormônios regulam processos celulares em células-alvo localmente e quando movidos para outros lugares da planta. Os hormônios também determinam a formação de flores, caules e folhas; a queda de folhas; e o desenvolvimento e o amadurecimento dos frutos (Salisbury e Ross, 1992).

As plantas, diferentemente dos animais, não possuem glândulas que produzem e secretam hormônios. Em vez disso, toda célula vegetal é capaz de produzi-los. Os hormônios vegetais modulam a planta, afetando o crescimento das sementes, o período de florescimento, o sexo das flores, a senescência das folhas e dos frutos. Eles determinam quais tecidos crescerão para cima e quais crescerão para baixo, a formação das folhas e o crescimento do caule, o desenvolvimento e o amadurecimento dos frutos, a longevidade das plantas e até mesmo a sua morte. Os hormônios são vitais ao crescimento vegetal e, na falta deles, as plantas seriam apenas uma massa de células indiferenciadas. Por isso eles também são chamados de fatores do crescimento ou hormônios de crescimento.

De acordo com a American Society for Horticultural Science, os reguladores do crescimento vegetal são divididos em seis principais classes: auxinas, giberelinas, citocininas, geradores de etileno, inibidores do crescimento e retardantes do crescimento. Mas, em geral, é aceito que há cinco classes principais de hormônios vegetais, alguns dos quais são formados de compostos químicos muito diferentes, que podem variar em estrutura de uma planta para outra. Os compostos químicos são agrupados juntos dentro de uma mesma classe de acordo com as suas similaridades estruturais e seus efeitos sobre a fisiologia da planta. Outros hormônios vegetais e reguladores do crescimento não são facilmente agrupados dentro dessas classes; eles existem naturalmente ou são sintetizados artificialmente ou por outros organismos, incluindo substâncias químicas que inibem o crescimento vegetal ou interrompem os processos fisiológicos dentro das plantas. Um grande número de compostos químicos relacionados é sintetizado artificialmente. Eles são usados para regular o crescimento de plantas cultivadas, ervas daninhas e plantas e células vegetais crescendo “*in vitro*”; esses compostos feitos pelo homem são chamados de Reguladores do Crescimento Vegetal ou PGRs. No início dos estudos dos hormônios vegetais, o termo comumente utilizado foi “fitormônio”, mas seu uso é menos comumente aplicado agora.

Tabela 1 – Hormônios e reguladores do crescimento de plantas

Hormônios do crescimento vegetal	Reguladores do crescimento vegetal
Auxinas Ácido 3-indolacético (AIA) Indolacetônitrila (IAN) Indol etanol (Ietanol) Ácido indol pirúvico (IPA)	Auxinas Ácido naftaleno acético (ANA), Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) Ácido 2-metil-4-clorofenoxiacético (AMCP) Ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético (2,4,5-T) Ácido fenilacético (APA) Ácido indolpropiónico (AIP) Ácido indolbutírico (AIB) Ácido fenoxiacético (APC)
Giberelinas Ácidos giberélicos, 1 > 100	
Citocininas Zeatina, ribosil zeatina, 6-metilaminopurina	Citocininas Cinetina, 2-isopentenil adenina (2-IP), 6-Benzilaminopurina (6-BAP) ou Benziladenina
Ácido Abscísico	
Etileno	Inibidores do etileno, como aviglicina; liberadores de etileno, como etacelasil, ethephon e glioxima.
Outros Fusicocina, Brassinas, Turgorinas, Ácido Salicílico, Ácido Jasmônico, Batasinas, Hormônios Peptídeos Vegetais, Poliaminas, Óxido Nítrico, Estrigolactonas e Karrikinas	Outros Gametocidas (fenridazon, hidrazida maleica), Morfactinas (clorofluren, cloroflurenol, dicloroflurenol, flurenol), retardantes do crescimento (cloromequat, daminozida, fluroprimidol, mefluidida, paclobutrazol, tetcidase, uniconazola), estimuladores do crescimento (brassinolida, brassinolida-etil, forclorofenuron, hymexazol, prosuler, piripropanol, triaccontanol), desfolhantes (cianamida cálcica, dimetipina, endotal, ethephon, merphos, metoxuron, pentaclorofenol, tidiazuron, tribufos).

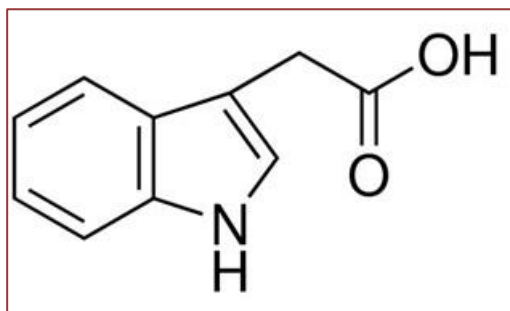
2. METODOLOGIA

A metodologia utilizada no presente trabalho foi do tipo pesquisa bibliográfica. Segundo Sousa et al. (2021), a metodologia de pesquisa bibliográfica inicia-se por meio de uma revisão da literatura de obras já existentes, no intuito de auxiliar o pesquisador na delimitação do tema e na contextualização do objeto problema. O levantamento deve ser feito em fontes bibliográficas confiáveis e o autor deve se dedicar à leitura das obras consultadas, fazendo-a de forma exploratória, seletiva e crítica. A pesquisa bibliografia é uma importante metodologia no âmbito das ciências agrárias, a partir de conhecimentos já estudados. Nesse contexto, o pesquisador deve analisar esses conhecimentos para responder seus problemas ou comprovar suas hipóteses, adquirindo novos conhecimentos sobre o assunto pesquisado.

3. AUXINAS

As auxinas foram a primeira classe de reguladores de crescimento descoberta. O ácido 3-indolacético (AIA) é a principal auxina das plantas superiores e têm profundo efeito sobre o crescimento e o desenvolvimento vegetal. Tanto plantas como patógenos de plantas podem produzir AIA para modular o crescimento vegetal (Zhao, 2010). Em bioensaio “*in vitro*” onde blocos de ágar contendo auxinas estimularam o crescimento de coleóptilos de aveia, houve a identificação do ácido 3-indolacético (AIA) como a principal auxina que ocorre naturalmente em plantas. Aplicações de AIA ou auxinas sintéticas em plantas causa profundas mudanças no crescimento e no desenvolvimento.

Figura 1 – Estrutura química do ácido 3-indolacético ($C_{10}H_9NO_2$)



Além do AIA, há outras auxinas naturais encontradas em plantas: indoletanol (Ietanol), indolacetonitrila (IAN) e ácido indol-pirúvico (AIP). As auxinas sintéticas incluem: ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D), ácido naftaleno-acético (ANA) e ácido indol-butírico (AIB).

Figura 2 – Estrutura química do ácido 3-indol-butírico ($C_{12}H_{13}NO_2$)

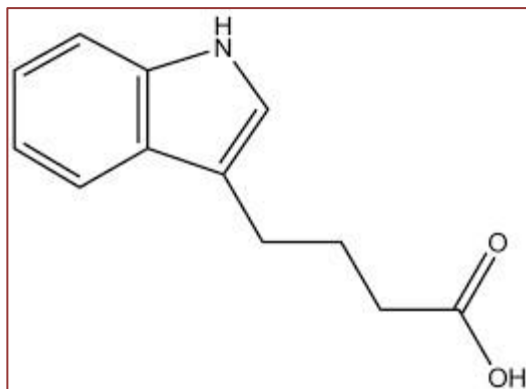


Figura 3 – Estrutura química do ácido 2,4-diclorofenoxiacético ($C_8H_6Cl_2O_3$)

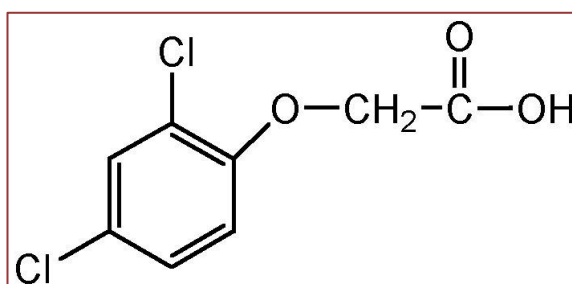


Figura 4 – Estrutura química do ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético ($C_8H_5Cl_3O_3$)

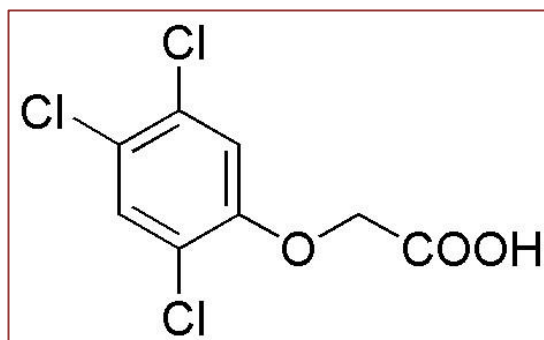


Figura 5 – Estrutura química do ácido naftoxiacético ($C_{12}H_{10}O_3$)

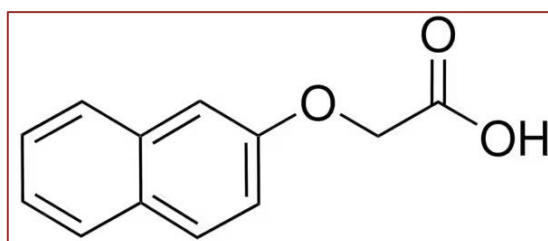
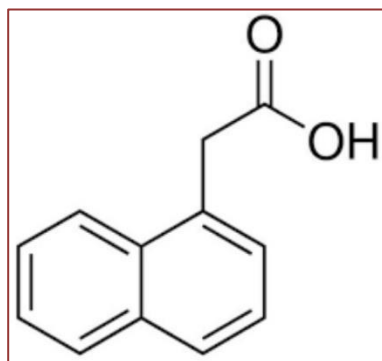


Figura 6 – Estrutura química do ácido naftaleno acético ($C_{12}H_{10}O_2$)

3.1. DESCOBERTA DAS AUXINAS

Coleóptilos de gramíneas (como de aveia) são estruturas populares em testes de fisiologia vegetal. Um coleóptilo em crescimento que é iluminado unilateralmente cresce em direção à fonte de luz. Este comportamento é comum entre plantas e é conhecido como fototropismo. Charles Darwin (ajudado pelo seu filho Francis Darwin) descreveu no seu trabalho “O Poder do Movimento nas Plantas” (1880) que a parte superior do coleóptilo reconhecia um estímulo luminoso e que a curvatura ocorre em uma zona abaixo do ápice. Ele concluiu que a transmissão do impulso ocorre no tecido. Estudos da natureza anatômica das plantas revelaram que o crescimento em direção à luz é causado por um alongamento das células do lado que não é iluminado. A reação fototrópica não ocorre se o coleóptilo for removido, no entanto, pode ser induzida novamente se for colocado de volta. Isso indica a existência de uma substância que é transportada do ápice para a base do coleóptilo (direção basípeta), e que causa o alongamento.

O botânico dinamarquês P. Boysen-Jensen, em 1913, interrompeu o fluxo da suposta substância inserindo uma pequena placa de mica no lado sombreado, separando o ápice do coleóptilo do tecido abaixo. A placa de mica impermeável à água interrompeu a reação fototrópica. Consequentemente, não ocorreu transporte do efetor através da pequena barreira. Entretanto, a reação fototrópica ocorreu quando a placa de mica foi inserida no lado iluminado ou ao longo do eixo vertical do coleóptilo.

Nos anos vinte do século passado, a natureza material do efetor foi finalmente determinada pelo fisiologista vegetal holandês F. Went. Ele supôs que a substância que fluía do ápice para a base do coleóptilo também deveria se movimentar em um cubo de ágar. Para testar essa hipótese, ele colocou pontas cortadas de coleóptilos em cima de pequenos cubos de ágar, sendo que a face cortada ficou em contato direto com o cubo. Algum tempo depois, ele removeu as pontas de cima dos cubos de ágar, que acreditava conter o efetor, colocando os cubos nos coleóptilos decapitados. Ele escreveu acerca da condução do experimento decisivo:

“Quando eu removi a ponta depois de uma hora e coloquei o cubo de ágar de um lado da plântula, nada ocorreu a princípio. Mas, durante a noite, o coleóptilo começou a se curvar afastando-se do bloco de ágar. Ele havia adquirido a capacidade de crescer! Às 03:00h da manhã do dia 17 de abril de 1926” (Salisbury e Ross, 1992). Went chamou o efetor de auxina (substância reguladora do crescimento). Seu nome químico é ácido 3-indolacético (AIA). A fórmula mostra que ele é um derivado do triptofano.

3.2. TRANSPORTE DAS AUXINAS

A distribuição das auxinas nos tecidos vegetais indica um transporte ativo e polar. Isso significa que o transporte é feito por carregadores específicos. Pelo menos seis razões confirmam esse fato: 1) O transporte ocorre sempre em uma direção, ou seja, é polarizado; 2) A velocidade do transporte é maior do que a esperada por simples difusão; 3) O transporte pode ocorrer contra um gradiente de concentração; 4) O transporte consome energia e é drasticamente reduzido na ausência de oxigênio; 5) O sistema de transporte tem uma especificidade enzima-substrato. Transporta moléculas como AIA e ANA mais rápido do que 2,4-D, por exemplo; e 6) O sistema de transporte pode ser bloqueado por inibidores específicos.

Experimentos com membranas plasmáticas mostraram que o acúmulo de auxinas é dependente do pH e do potencial elétrico. O transporte de auxinas através das membranas é direcionado. A auxina se liga especificamente aos tonoplastos e influencia a liberação de íons de cálcio do vacúolo, *in vitro*. Diferentes carregadores para importação e exportação de auxinas já foram detectados: um carregador de prótons (S) que causa simporte e um carregador auxina-ânion (CA) que é um antiporte ativo. Além disso, foi demonstrado que esses carregadores de auxina são distribuídos assimetricamente dentro da membrana.

3.3. FUNÇÕES E EFEITOS FISIOLÓGICOS DAS AUXINAS

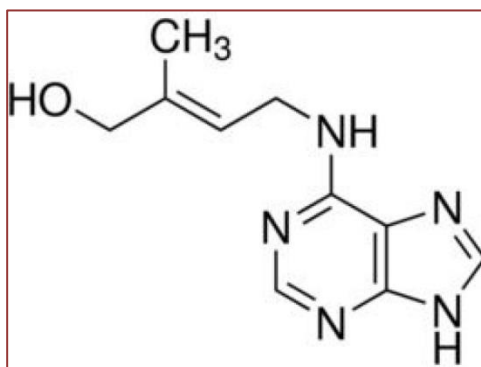
Os efeitos fisiológicos das auxinas nas plantas estão altamente relacionados às suas funções. Elas são compostos que influenciam positivamente o alongamento celular, a formação de botões e a iniciação radicular. Também promovem a produção de outros hormônios e, juntamente com as citocininas, promovem o crescimento de caules, raízes, frutos e convertem caules em flores (Bakhtiar et al., 2018). Elas afetam o alongamento celular pela alteração da plasticidade da parede celular. As auxinas inibem o crescimento dos botões na parte inferior do caule (dominância apical) e promovem o crescimento e o desenvolvimento de raízes laterais e adventícias. A abscisão foliar é iniciada em um ponto de crescimento na planta que deixou de produzir auxinas. Nas sementes, elas regulam a síntese de proteínas específicas. Nesse contexto, começa a aumentar a produção de auxinas dentro da flor depois da polinização, estimulando a transformação da flor em fruto que contém as sementes em desenvolvimento. As auxinas são tóxicas para as plantas em altas concentrações, sendo essa toxidez maior em dicotiledôneas do que em monocotiledôneas. Por causa dessa propriedade, auxinas sintéticas com função herbicida, como o 2,4-D e o 2,4,5-T, foram desenvolvidas e usadas para controlar plantas daninhas. O ANA e o AIB são também comumente usados para estimular o crescimento radicular de mudas. Curvamento em direção a uma fonte de luz (fototropismo), crescimento descendente da raiz em resposta à gravidade, formação de flor, frutificação e crescimento. ANA e AIB são muitas vezes o princípio ativo em produtos que estimulam a produção de raízes em mudas. As auxinas podem ser usadas para aumentar a produção ou a colheita de frutos, mas esses efeitos são específicos em relação à espécie. A auxina, juntamente com a citocinina, é usada na cultura de tecidos para propagação em massa. As auxinas aumentam a corrente plasmática, a plasticidade da parede celular e causam um efluxo de prótons para fora da célula. Experimentos mostram que as auxinas aumentam a taxa de transcrição, controla a atividade de determinadas enzimas e têm uma influência sobre a bomba de prótons na membrana.

4. CITOCININAS

As citocininas são compostos com uma estrutura semelhante à adenina, as quais promovem divisão celular e tem outras funções similares à cinetina, que foi a primeira citocinina descoberta e assim chamada por causa da sua habilidade em promover citocinese (divisão celular). Embora seja um composto natural, não é sintetizado nas plantas e, portanto, é considerado uma citocinina “sintética” (significando que o hormônio é sintetizado em algum outro lugar fora da planta). A forma mais comum de citocinina que ocorre naturalmente em plantas é chamada zeatina, que foi isolada do milho (*Zea mays*).

As citocininas foram encontradas em quase todas as plantas superiores, bem como em musgos, fungos, bactérias e também em tRNA de muitos procarióticos e eucarióticos. Hoje existem mais de 200 citocininas naturais e sintéticas. As concentrações de citocininas são mais altas em regiões meristemáticas e áreas com potencial de crescimento contínuo, como raízes, folhas jovens, frutos e sementes em desenvolvimento (Salisbury e Ross, 1992).

Figura 7 – Estrutura química da citocinina ($C_{10}H_9N_4$)



4.1. DESCOBERTA DAS CITOCININAS

Ao contrário dos outros hormônios, as citocininas são encontradas em plantas e animais. As citocininas são um grupo de substâncias químicas que influenciam a divisão celular e a formação da parte aérea. Elas foram denominadas de cininas no passado, quando as primeiras citocininas foram isoladas de células de levedura. Há muito tempo que os cientistas vinham tentando cultivar tecidos vegetais em meio artificial contendo nutrientes. A primeira abordagem remonta ao anatomista vegetal austríaco G. Haberlandt (1854-1945), que foi professor em Graz e, mais tarde, em Berlim. A princípio, a composição de um meio nutritivo adequado apresentou um grande problema. Mas depois, a adição de água de coco causou um aumento drástico no crescimento dos embriões e tecidos vegetais. A água de coco é um endosperma que tem, sob condições naturais, um efeito estimulante no desenvolvimento do embrião do coqueiro. A questão então era “qual o componente estimulador imediato do crescimento”?

Ao contrário da auxina, o crescimento não é por alongamento celular, mas por divisão celular. Experimentos posteriores mostraram que a adenina 6-furfurilaminopurina (cinetina) é, na verdade, a substância efetora da água de coco. A cinetina é uma substância extraordinariamente ativa fisiologicamente, embora não possa ser isolada de nenhuma

célula vegetal. Entretanto, foram encontrados vários compostos similares. O primeiro que foi isolado de uma fonte natural, em sementes de milho verde, foi a zeatina.

Figura 8 – Estrutura química da cinetina ($C_{10}H_9N_5$)

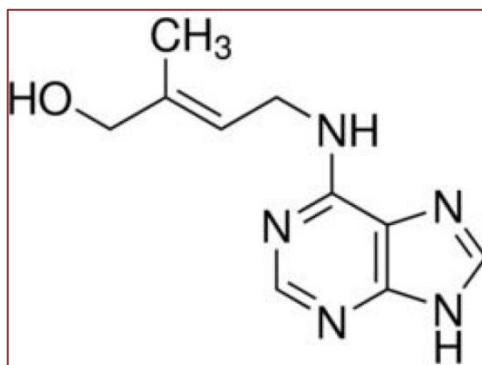


Figura 9 – Estrutura química da zeatina ($C_{10}H_{13}N_5$)

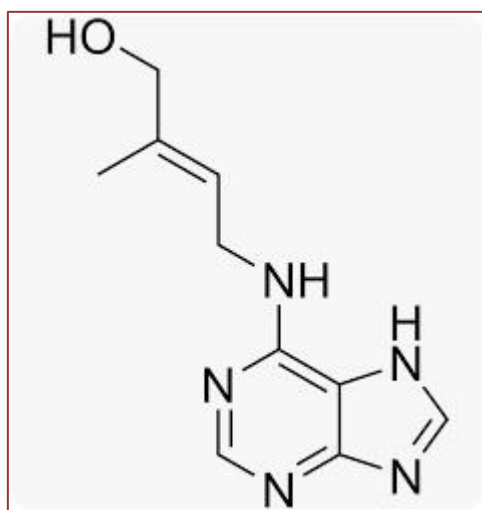
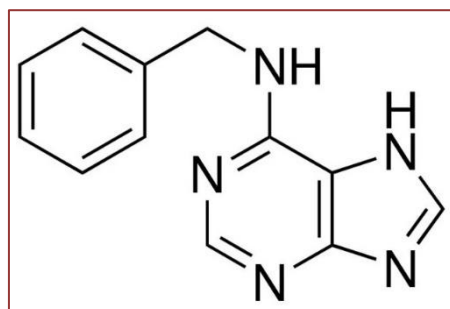


Figura 10 – Estrutura química da 6-Benzilaminopurina ($C_{12}H_{11}N_5$)



4.2. METABOLISMO DAS CITOCININAS

As citocininas são geralmente encontradas em maiores concentrações nas regiões meristemáticas e tecidos em crescimento. Acredita-se que elas são sintetizadas nas raízes e translocadas via xilema para a parte aérea.

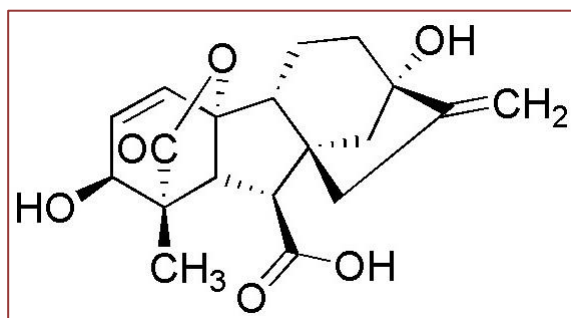
4.3. FUNÇÕES E EFEITOS FISIOLÓGICOS DAS CITOCININAS

Elas também ajudam a retardar a senescência ou o envelhecimento dos tecidos, são responsáveis por mediar o transporte das auxinas por toda a planta e afetam o comprimento dos internódios e o crescimento foliar. Elas têm um efeito altamente sinérgico com as auxinas, e a razão entre esses dois grupos de hormônios vegetais afeta os principais estágios de crescimento durante o ciclo de vida de uma planta. As citocininas agem contrariamente à dominância apical induzida pelas auxinas; elas, em conjunto com o etileno, promovem abscisão de folhas, de partes de flores e de frutos (Li et al., 2022). Culturas de tecidos como de tabaco ou bordo (*Acer pseudoplatanus*) se desenvolvem somente depois da adição de citocininas. Além disso, a taxa de replicação de DNA aumenta as citocininas, a taxa geral de RNA e a síntese de proteínas. Elas reduzem a senescência e estimulam a germinação no escuro de sementes dependentes de luz para germinar. Em adição, foram observados vários efeitos mais seletivos. As citocininas induzem as atividades da isocitrato liase e de proteases em cotilédones de abóbora cortados; elas induzem a síntese de tiamina em culturas de calos de tabaco em crescimento, eliminando, desse modo, a necessidade de tiamina nos calos. As citocininas estimulam a síntese de auxinas em cultura de tecidos de tabaco; elas também aumentam as atividades da carboxi dismutase e da NADP-gliceraldeído fosfato desidrogenase em plântulas de arroz estioladas. As citocininas estimulam o desenvolvimento dos brotos bem como a germinação de sementes e o acúmulo da nitrato redutase em vários embriões.

5. GIBERELINAS

As giberelinas ou GAs incluem vários compostos químicos que são produzidos naturalmente dentro das plantas ou por fungos. Elas foram descobertas quando pesquisadores japoneses, incluindo Eiichi Kurosawa, anunciaram a identificação de um composto químico produzido por um fungo chamado *Gibberella fujikuroi*. Esse composto produziu um crescimento anormal em plantas de arroz (Grennan, 2006).

Enquanto as auxinas são classificadas apenas com base na sua função, as giberelinas são classificadas de acordo com sua estrutura e função. Todas as giberelinas são derivadas de um esqueleto ent-giberelano. As giberelinas são nomeadas de GA1 a GAn, de acordo com a sua ordem de descoberta. O ácido giberélico, que foi a primeira giberelina a ser caracterizada estruturalmente, é a GA3. Há atualmente 136 GA's, identificadas em plantas, fungos e bactérias. As GA's são amplamente encontradas em plantas com flores (angiospermas) e sem flores (gimnospermas) bem como em samambaias.

Figura 11 – Estrutura química do ácido giberélico ($C_{19}H_{22}O_6$)

5.1. METABOLISMO DAS GIBERELINAS

Acredita-se que as giberelinas sejam sintetizadas em tecidos jovens da parte aérea e em sementes em desenvolvimento. Ainda não está comprovado se os tecidos radiculares jovens também produzem giberelinas. Há alguma evidência de que as folhas possam ser a fonte de alguma biossíntese (Hedden e Thomas, 2012).

Certos produtos químicos comerciais que são usados para retardar o crescimento agem em parte bloqueando a síntese de giberelinas. Alguns desses produtos incluem: Phosphon-D, AMO-1618, Cycocel (CCC), ancymidol e paclobutrazol. Durante o crescimento ativo, a planta metaboliza a maior parte das giberelinas, exceto a GA3, por hidroxilação, transformando-as completamente em conjugados inativos. A GA3 é degradada muito mais lentamente, o que ajuda a explicar por que os sintomas inicialmente associados com o hormônio na doença bakanae estão presentes. Os conjugados inativos podem ser armazenados ou translocados via xilema e floema antes da sua liberação (ativação) no tempo e no tecido apropriados (Hedden e Thomas, 2012).

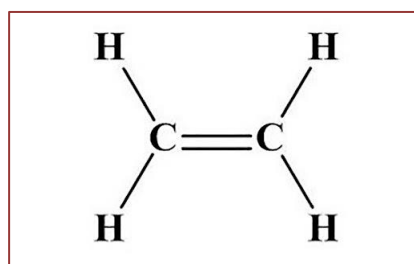
5.2. FUNÇÕES E EFEITOS FISIOLÓGICOS DAS GIBERELINAS

As giberelinas são importantes na germinação de sementes. Elas estimulam a produção de enzimas que mobilizam as reservas usadas para o crescimento de novas células. Isso é feito através de modulação da transcrição cromossômica. Em grãos (arroz, milho trigo etc), uma camada de células chamada 'camada de aleurona' envolve o endosperma. A absorção de água pelas sementes causa a produção de GA que é transportada para a camada de aleurona, que responde produzindo enzimas que quebram as reservas nutricionais armazenadas dentro do endosperma. Os produtos dessa quebra são utilizados no crescimento da plântula. As GAs aumentam o comprimento internodal em plantas com formato de roseta. Elas promovem florescimento, divisão celular e, depois da germinação, crescimento da plântula. As giberelinas também reverterem a inibição do crescimento da parte aérea e a dormência induzida pelo ácido abscísico (Kozaki e Aoyanagi, 2022). As giberelinas promovem o alongamento do caule por estimular a divisão e o alongamento celular. Elas estimulam o florescimento em resposta aos dias longos e quebram a dormência de sementes que requerem estratificação ou luz para germinarem. Estimulam a produção da enzima α -amilase em grãos de cereais germinando, para a mobilização das reservas das sementes. As giberelinas induzem masculinidade em flores dioicas (expressão sexual) e causam o desenvolvimento de frutos partenocárpicos (sem sementes). Elas também retardam a senescência em folhas e frutos de citros.

6. ETILENO

O etileno é o único hormônio vegetal que tem forma gasosa e é, muitas vezes, encontrado em altas concentrações dentro das células ao final da vida das plantas. O etileno é um gás que se forma por meio do ciclo de Yang através da quebra da metionina, aminoácido que está presente em todas as células. O etileno tem uma solubilidade em água muito limitada e não se acumula dentro da célula. Se difunde para fora dela e também para fora da planta. Sua efetividade como um hormônio vegetal depende da sua taxa de produção versus sua taxa de escape para a atmosfera. O etileno é produzido numa taxa mais elevada em células crescendo e se dividindo rapidamente, especialmente no escuro. Novos crescimentos e mudas recém-germinadas produzem uma quantidade de etileno maior do que aquela que escapa para o meio externo, o que leva a um aumento da sua concentração (Wang et al., 2007).

Figura 12 – Estrutura química do etileno (C₂H₄)



6.1. DISTRIBUIÇÃO E TRANSPORTE DO ETILENO

Provavelmente toda planta produz ou absorve etileno em algum momento durante o seu desenvolvimento, e responde a esse evento de maneira apropriada. A absorção não é geralmente um problema porque o etileno pode se difundir livremente através das membranas. A distribuição do gás dentro da planta ocorre através dos espaços intercelulares e, quando dissolvido no simplasto, de célula para célula. A distribuição à longa distância é alcançada pela liberação do ACC (ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico) dentro dos tecidos vasculares, onde se move para os sítios de ação. Lá, é convertido em etileno. O tomateiro, por exemplo, produz ACC nas raízes quando submetido à salinidade do solo. O ACC é movido, via feixes vasculares, para as folhas, onde é convertido a etileno, que então induz epinastia – curvamento para baixo do pecíolo (El-Iklil et al., 2000).

6.2. FUNÇÕES E EFEITOS FISIOLÓGICOS DO ETILENO

Expansão foliar: O etileno afeta o crescimento celular e a forma da célula; quando a parte aérea de uma planta em crescimento encontra um obstáculo, a produção de etileno nas raízes abaixo do solo aumenta enormemente, prevenindo o alongamento celular e fazendo com que o caule cresça em diâmetro. Dessa forma, o caule mais espesso pode exercer maior pressão sobre o objeto obstáculo. Se o estímulo do etileno se prolongar, vai aparecer a resposta geotrópica natural do caule, que é crescer verticalmente ao redor do objeto. Estudos parecem indicar que o etileno afeta o diâmetro do caule e a altura da planta: Quando os caules das árvores são submetidos ao vento, causando estresse lateral,

ocorre maior produção de etileno, resultando em troncos e galhos mais grossos e resistentes. O etileno afeta o amadurecimento dos frutos: Normalmente, quando as sementes estão maduras, a produção de etileno aumenta e se acumula dentro do fruto, resultando em um evento climatérico justamente antes da dispersão das sementes (Wang et al., 2007).

7. ÁCIDO ABCÍSIKO

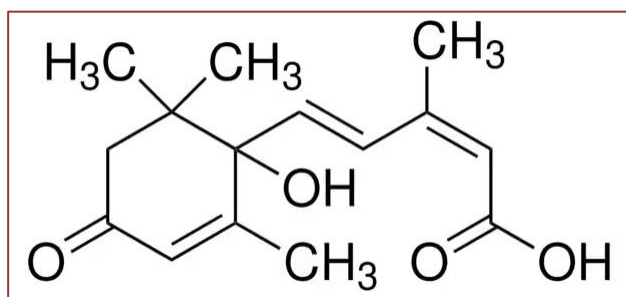
O ácido abscísico, também chamado de ABA, foi descoberto em duas pesquisas separadas e chamados de *dormina* e *abscisina II*. Isso ocorreu antes que suas propriedades químicas fossem completamente conhecidas. Uma vez determinado que os dois compostos anteriores eram a mesma substância, nomeou-se de ácido abscísico. O nome “ácido abscísico” foi dado por causa que ele é encontrado em altas concentrações em folhas recentemente caídas e ainda frescas.

Esse regulador do crescimento vegetal é um composto químico normalmente produzido nas folhas, originado nos cloroplastos, especialmente quando as plantas estão sob estresse. No geral, age como um composto químico inibitório, que afeta o crescimento apical e a dormência de sementes e botões. Ele promove mudanças dentro do meristema apical, causando dormência dos botões e alteração do último conjunto de folhas protetoras que cobrem o botão. Uma vez que foi encontrado em folhas ainda frescas recentemente caídas, acreditava-se que desempenhava um papel no processo de queda natural da folha, no entanto, pesquisas adicionais refutaram isso. Espécies de plantas de partes temperadas do mundo apresentam dormência de folhas e sementes pela inibição do crescimento, mas, à medida em que o composto é dissipado das sementes ou botões, o crescimento recomeça. Em outras plantas, à medida que os níveis de ABA diminuem, o crescimento começa, ao mesmo tempo em que os níveis de giberelina aumentam. Sem ABA, brotos e sementes começariam a crescer durante os períodos quentes e morreriam durante os períodos frios. Como o ABA se dissipa lentamente nos tecidos e seus efeitos demoram a ser compensados por outros hormônios vegetais, há um retardo nas rotas fisiológicas que fornecem alguma proteção contra o crescimento prematuro. O ABA se acumula dentro das sementes durante o amadurecimento dos frutos, prevenindo a germinação antes dos períodos quentes. Os efeitos do ácido abscísico são neutralizados dentro dos tecidos das plantas durante as baixas temperaturas ou o ABA é removido pela lavagem das águas das chuvas para fora dos tecidos, liberando sementes e brotos da dormência (Feurtado et al., 2004).

Em plantas sob estresse hídrico, o ABA desempenha um papel no fechamento dos estômatos. Logo após as plantas perceberem a falta de água no solo, um sinal se move das raízes até as folhas, causando a formação dos precursores do ABA, que então se movem das folhas às raízes, onde o hormônio é liberado e translocado para as folhas através do sistema vascular (Ren et al., 2007). Nas folhas, o ABA modula a absorção de potássio e sódio para dentro das células-guardas, que então perdem turgidez, fechando os estômatos (Yan et al., 2007). O ABA está presente em todas as partes da planta e a sua concentração dentro de algum tecido parece mediar seus efeitos e funções como um hormônio; sua degradação ou catabolismo reações metabólicas, crescimento celular e produção de outros hormônios vegetais (Ogunyale et al., 2014). As plantas começam a vida como sementes, com altos níveis de ABA. Depois da germinação, os níveis de ABA decrescem; durante a germinação e crescimento inicial da plântula, os níveis diminuem ainda mais. À medida que as plantas começam a formar a parte aérea com folhas completamente

funcionais, os níveis de ABA começam a aumentar, retardando o crescimento celular em áreas mais “maduras” da planta. Falta d’água ou predação afeta a produção de ABA e as taxas de catabolismo, mediando uma outra cascata de efeitos que desencadeiam respostas específicas nas células-alvo. Os pesquisadores ainda estão tentando explicar as complexas interações e efeitos desse e de outros fitormônios.

Figura 13 – Estrutura química do ácido abscísico ($C_{15}H_{20}O_4$)

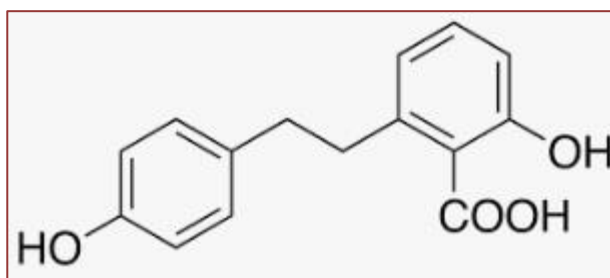


8. OUTRAS SUBSTÂNCIAS DO CRESCIMENTO DE PLANTAS

8.1. ÁCIDO LUNULÁRIO

Em hepáticas, o ácido lunulário está presente nas gemas. Ele previne a germinação dessas gemas até que elas caiam do talo da planta-mãe, quando o ácido é lixiviado (Nakayama et al., 1996). Além disso, o crescimento do talo inteiro parece ser parcialmente controlado pelo ácido lunulário em resposta ao comprimento do dia. Durante os dias curtos, a concentração do inibidor é baixa e o talo cresce rapidamente; durante os dias longos, acontece o contrário. O ácido lunulário está presente em muitas espécies de plantas inferiores, mas não em algas (Mukkamala et al., 2017).

Figura 14 – Estrutura química do ácido lunulário ($C_{15}H_{20}O_4$)



8.2. BATASINAS

São compostos encontrados em plantas de inhame (*Dioscorea batatas*). Eles causam dormência nos bulbilhos (estruturas reprodutivas vegetativas) que surgem devido ao inchaço dos brotos aéreos laterais. As batasinas estão concentradas na pele do bulbo e ausentes no interior. Uma exposição de longa duração à baixa temperatura (estratificação ou pré-resfriamento) quebra a dormência e faz as batasinas desaparecerem, ao passo que sua quantidade aumenta durante o desenvolvimento inicial dos bulbilhos dormentes

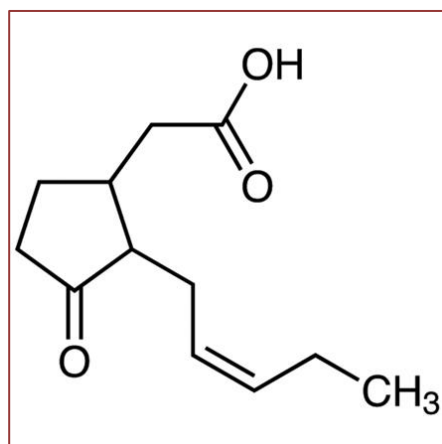
(Ogunyale et al., 2014). No entanto, ainda não se sabe se as batatinhas são acumuladas ou transportadas para dentro das células dos bulbilhos, cuja falha no crescimento causa a dormência.

8.3. ÁCIDO JASMÔNICO

O ácido jasmônico e seu éster metílico (metil jasmonato) ocorrem em várias espécies de plantas e no óleo do jasmim (Zhu e Zhu, 2013). Os jasmonatos foram encontrados em cerca de 150 famílias e 260 espécies, incluindo fungos, musgos e samambaias. Acredita-se que esteja presente em todas as plantas. JA é um hormônio vegetal derivado de lipídeos e é estruturalmente semelhante às prostaglandinas nos animais (Samota et al., 2017).

O ácido jasmônico (JA) é derivado do ácido graxo linolênico. Ele constitui um membro da classe dos jasmonatos dos hormônios vegetais. É biossintetizado do ácido linolênico pela rota octadecanóide. O JA inibe o crescimento de certas partes da planta e promove, de maneira intensa, a senescência foliar (Salisbury e Ross, 1992). A principal função do JA e dos seus vários metabólitos é regular as respostas das plantas aos estresses abióticos e bióticos bem como o crescimento e desenvolvimento vegetal (Delker et al., 2006). A regulação dos processos de crescimento e desenvolvimento vegetal inclui: inibição do crescimento, senescência, enrolamento em gavinhas, desenvolvimento da flor e abscisão foliar.

Figura 15 – Estrutura química do ácido jasmônico ($C_{12}H_{18}O_3$)



O JA é também responsável pela formação dos tubérculos em batata, inhame e cebola. Tem um importante papel na resposta a ferimentos de plantas e resistência sistêmica adquirida. Quando as plantas são atacadas por insetos, elas respondem pela liberação de JA, que ativa a expressão dos inibidores de proteases, entre muitos outros compostos de defesa anti-herbívoros. Esses inibidores de proteases previnem a atividade proteolítica do sistema digestivo dos insetos, impedindo-os de adquirir o nitrogênio necessário das proteínas para o seu crescimento (Zavala et al., 2004).

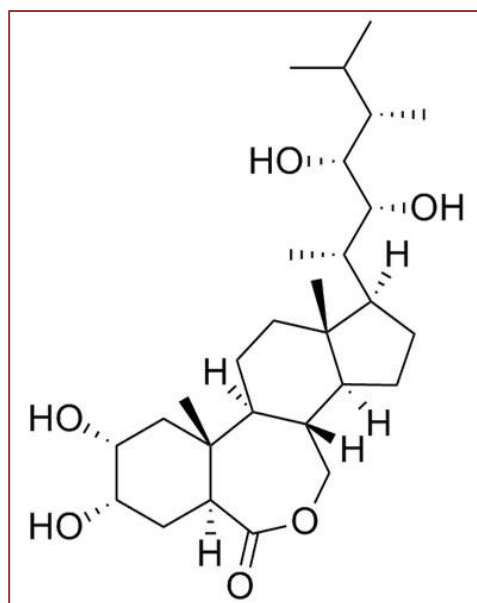
Por exemplo, pesquisa sobre a pervinca de Madagascar (*Catharanthus roseus*), que sintetiza alguns alcaloides anticarcinogênicos, identificou um fator de transcrição que responde ao JA pela ativação da expressão de vários genes que codificam os genes da biossíntese do alcaloide (Wei, 2010). Esse composto químico pode ter um papel no

controle de pragas, de acordo com uma reportagem da BBC News de outubro de 2008. O JA afeta vários processos das plantas, tais como desenvolvimento do pólen, crescimento da raiz, amadurecimento e senescência de frutos e também é produzido em resposta à presença de pragas e organismos causadores de doenças. O JA desencadeia a produção de enzimas que conferem um aumento da resistência contra insetos herbívoros (comedores de plantas). Por exemplo, plantas de tomate infestadas por lagartas liberam ácido jasmônico volátil para o ar, o que atrai os inimigos naturais das lagartas, tais como vespas parasitas. As vespas depositam seus ovos no corpo das lagartas; quando eclodem, as larvas da vespa consomem o inseto hospedeiro. Em uma pesquisa, as plantas tratadas com ácido jasmônico aumentaram o parasitismo sobre a lagarta duas vezes mais em relação às plantas controle não tratadas.

8.4. BRASSINOSTERÓIDES

Os brassinosteróides (também chamados de brassinas) são hormônios vegetais esteroides que começaram a ser caracterizados em meados da década de 90 do século passado. Eles têm distintas atividades na promoção do crescimento em algumas plantas, especialmente nos caules. Esses compostos foram primeiramente isolados em grãos-de-pólen, coletados por abelhas, de colza (*Brassica napus*) e mostarda (*Brassica nigra*) (Salisbury and Ross, 1992). A estrutura de uma brassina, conhecida como brassinolida, é mostrada abaixo.

Figura 16 – Estrutura química da brassinolida ($C_{28}H_{48}O_6$)



Os brassinosteróides (BRs) estão envolvidos em vários aspectos do crescimento e do desenvolvimento. Mutantes de *Arabidopsis* que não podem sintetizar BRs são plantas anãs com folhas pequenas encaracoladas e fertilidade reduzida. Esse efeito pode ser revertido pela aplicação de BR à planta. Estudos com esses mutantes sugerem que as BRs estão envolvidas em múltiplos processos de desenvolvimento tais como divisão celular, desenvolvimento vascular e germinação de sementes.

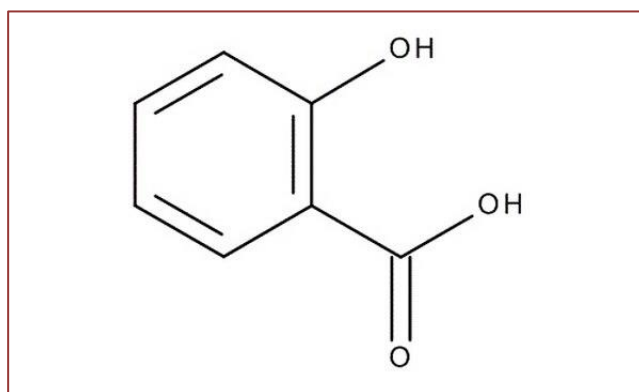
8.5. ÁCIDO SALICÍLICO

O ácido salicílico, um extrato fenólico da casca do salgueiro, foi usado por muito tempo como analgésico. Hoje é preparado pela indústria farmacêutica, sendo o ingrediente ativo da aspirina.

O ácido salicílico é conhecido por ativar genes de defesa para resistência contra insetos-pragas e patógenos causadores de doenças, resposta denominada hipersensitiva.

Quando a planta sofre um ataque, a concentração de SA aumenta e o composto é espalhado por todo o vegetal de forma sistêmica. As plantas também usam salicilato de metila, que é volátil, para sinalizar as plantas ao redor. Plantas de tabaco infectadas com o Vírus do Mosaico do Tabaco liberam salicilato de metila para o ar. Quando plantas saudáveis próximas recebem o sinal químico transportado pelo ar, começam a sintetizar proteínas antivirais que aumentam sua resistência ao vírus (Chigurupati et al., 2016).

Figura 17 – Estrutura química do ácido salicílico ($C_7H_6O_3$)



8.6. FUSICOCINA

A fusicocina é um glicosídeo diterpênico que foi identificado por fitopatologistas, na década de 60 do século passado, como a principal toxina responsável pela doença causada pelo fungo *Fusicoccum amygdali* em árvores de pêssego, amêndoa e ameixa (Ogunyale et al., 2014). É uma fitotoxina fúngica que estimula a extrusão rápida de prótons e o crescimento transitório nas seções de caules e coleótilos (Taiz e Zeiger, 2016). Pesquisas com cotilédones de pepino e coleótilos de milho verificaram que a fusicocina é um promotor potencial do crescimento e pode acidificar paredes celulares o suficiente para promover a expansão celular. Ela tem habilidades notáveis para ativar a ATPase da membrana plasmática que transporta o íon hidrogênio do citossol para a parede, abaixando o pH, para aumentar o afrouxamento da parede e promover o crescimento celular.

Ao passo que a fusicocina possa aumentar o crescimento de coleótilos e cotilédones à medida que promove o efluxo dos íons de hidrogênio, as auxinas não podem promover esse evento de forma suficiente para causar crescimento de coleótilos de milho nem as citocininas podem promovê-lo para aumentar o crescimento do cotilédone. Isso implica que as auxinas e outros hormônios vegetais devem causar afrouxamento da parede e expansão celular em algumas espécies (talvez na maioria) por outros mecanismos (Salisbury and Ross, 1992).

8.7. TUGORINAS

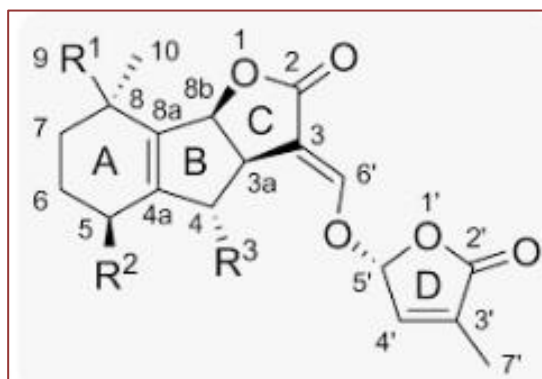
Esse grupo de compostos foram descobertos por Schildknecht (1984) utilizando folhas de *Mimosa pudica* e *Acacia karroo*. Ele isolou e identificou compostos que ativaram o pulvino nessas folhas, as quais não são sensíveis ao toque, mas apresentam movimentos nicnásticos.

Uma folha de *Mimosa pudica* foi colocada em uma solução com uma substância ativa suspeita, que então foi transportada, via fluxo transpiratório, para o pulvino, onde suas membranas responderam e fizeram com que as pínulas das folhas se dobrasse se a substância estivesse ativa. Dois Fatores do Movimento Periódico das Folhas (PLMFs) de *Acacia karroo* provaram ser os β -glicosídeos do ácido gálico, com o glicosídeo ligado ao grupo para-hidroxila. Vários outros compostos com estrutura similar foram também identificados em outras plantas. Os mais ativos foram o β -D-glicosídeo-6-sulfato (chamado PLMF1) e o β -D-glicosídeo-3,6-bissulfato (chamado PLMF2) do ácido gálico. Extratos de *Mimosa pudica* continham PLMF1 e PLMF7; um outro composto chamado PLMF3, que é derivado do ácido protocatecuico, foi isolado de *Oxalis stricta* (essa espécie reage ao toque ou à agitação tal como a *Mimosa pudica* faz). Foi descoberto que a glicose-6-fosfato faz parte da molécula. Schildknecht então sugeriu que esses compostos formam uma nova classe de hormônios vegetais, que ele chamou de Tugorinas, porque elas agem sobre o turgor das células do pulvino, e também são ativas à baixas concentrações como outros fitormônios (Salisbury and Ross, 1992).

8.8. ESTRIGOLACTONAS

As estrigolactonas são hormônios vegetais que estimulam a ramificação e o crescimento dos fungos micorrízicos arbusculares simbióticos, aumentando a probabilidade de contato e estabelecimento da associação simbiótica entre planta e fungo (López-Ráez *et al.*, 2009). As estrigolactonas inibem a ramificação da parte aérea da planta (Gomez-Roldan *et al.*, 2008). Elas também desencadeiam a germinação de sementes de plantas parasitas (por exemplo, a *Striga*, de onde elas ganharam o nome) (Akiyama and Hayashi, 2006). As estrigolactonas são derivadas dos carotenoides e contêm uma ligação éter lábil que é facilmente hidrolisada na rizosfera, o que significa que há um grande gradiente de concentração entre áreas próximas à raiz e aquelas mais distantes.

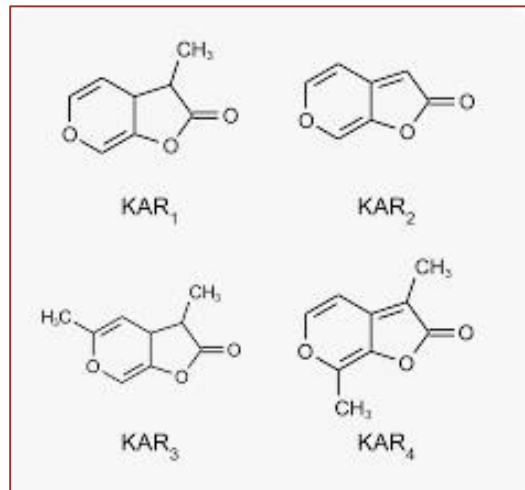
Figura 18 – Estrutura química das estrigolactonas (C₁₇H₁₄O₅)



8.9. KARRIKINAS

As karrikinas são quimicamente definidas como uma família de reguladores do crescimento vegetal que foram descobertas na fumaça de plantas em processo de queimação. As karrikinas são potentes em quebrar dormência de sementes de muitas espécies adaptadas aos ambientes que regularmente sofrem com fogo e fumaça. A recente descoberta de que as karrikinas desencadeiam a germinação de sementes e controlam o crescimento de plântulas em situações onde não existem incêndios indica que a sua importância pode ir além da ecologia do fogo. Isso é exemplificado pelos novos estudos que mostram que as sementes de *Arabidopsis thaliana* respondem sensivelmente e especificamente às karrikinas sob fumaça. Essas descobertas podem explicar o fato das karrikinas serem produzidas em ambiente por outros desencadeadores que não seja o fogo, tais como degradação química ou microbiana da vegetação em resposta aos distúrbios do solo ou remoção das copas das plantas. Uma outra hipótese é que as plantas contêm karrikinas endógenas que funcionam naturalmente no controle da germinação de sementes e que espécies de habitats propensos ao fogo evoluíram para responder também às karrikinas endógenas. Uma variante dessa hipótese é que as karrikinas imitam hormônios vegetais endógenos tais como terpenóides, que controlam a germinação de sementes. A evidência para essa hipótese é discutida, mas, seja qual for a explicação, as karrikinas são agora firmemente estabelecidas como uma importante família de reguladores do crescimento vegetal que ocorrem naturalmente.

Figura 18 – Estrutura química das karrikinas



9. CONCLUSÃO

O crescimento é essencial na vida de qualquer organismo vivo e normalmente é controlado ou regulado por um ou mais fatores, que podem ser internos (dentro do organismo) ou externos (no ambiente). Nas plantas, esses fatores são alcançados através da ação de alguns agentes químicos denominados hormônios; eles são substâncias desencadeadoras porque iniciam processos bioquímicos que levam ao crescimento. Esses processos incluem formação de folhas, caules, flores, raízes e outras características das plantas. Algumas dessas substâncias são também sintetizadas pelo homem e, por causa disso, são referidas como substâncias de crescimento das plantas.

As substâncias de crescimento das plantas ou reguladores de crescimento de plantas (PGRs) desempenham papéis vitais na vida das plantas, da dormência à senescência; portanto, elas são importantes na agricultura, na horticultura e em outras áreas onde o crescimento vegetal é essencial. Alguns dos caminhos biossintéticos dessas substâncias ainda não estão claros, devendo ser pesquisados para maximizar o seu potencial.

REFERÊNCIAS

- [1] AKIYAMA, K.; HAYASHI, H. Strigolactones: chemical signals for fungal symbionts and parasitic weeds in plant roots. **Annals of Botany**, v. 97, n. 6, p. 925-931, 2006.
- [2] BAKHTIAR, M.; KHAN, M. N.; KHAN, I.; KAKAR, K.; ILYAS, N.; KHAN, S.; QAYUM, A.; SIDDIQUE, M.; ULLAH, N. Auxin biosynthesis, its role in plant growth, development and physiological process. **International Journal of Fauna and Biological Studies**, v. 5, n. 4, p. 23-27, 2018.
- [3] CHIGURUPATI, P.; HAQ, I.; KUMAR, D. Tobacco methyl salicylate esterase mediates nonhost resistance. **Current Plant Biology**, v. 6, p. 48-55, 2016.
- [4] DELKER, C.; STENZEL, I.; HAUSE, B.; MIERSCH, O. Jasmonate biosynthesis in *Arabidopsis thaliana* - enzymes, products, regulation. **Plant Biology**, v. 8, n. 3, p. 297-306, 2006.
- [5] EL-IKLIL, Y.; KARROU, M.; BENICHO, M. Salt stress effect on epinasty in relation to ethylene production and water relations in tomato. **Agronomie**, v. 20, n. 4, p. 399-406, 2000.
- [6] FEURTADO, J. A.; AMBROSE, S. J.; CUTLER, A. J.; ROSS, A. R. S.; ABRAMS, S. R.; KERMODE, A. R. Dormancy termination of western white pine (*Pinus monticola* Dougl. Ex D. Don) seeds is associated with changes in abscisic acid metabolism. **Planta**, v. 218, n. 4, p. 630-639, 2004.
- [7] GOMEZ-ROLDAN, V.; FERMAS, S.; BREWER, P. B.; PUECH-PAGÈS, V.; DUN, E. A.; PILLOT, J.-P.; LETISSE, F.; MATUSOVA, R.; DANOUN, S.; PORTAIS, J.-C.; BOUWMEESTER, H.; BÉCARD, G.; BEVERIDGE, C. A.; RAMEAU, C.; ROCHARGE, S. F. Strigolactone inhibition of shoot branching. **Nature**, v. 455, n. 7210, p. 189-194, 2008.
- [8] GRENNAN, A. K. Gibberellin metabolism enzymes in rice. **Plant Physiology**, v. 141, n. 2, p. 524-526, 2006.
- [9] HEDDEN, P.; THOMAS, S. G. Gibberellin biosynthesis and its regulation. **Biochemical Journal**, v. 444, n. 1, p. 11-25, 2012.
- [10] KOZAKI, A.; AOYANAGI, T. Molecular aspects of seed development controlled by gibberellins and abscisic acids. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, p. 1876, 2022.
- [11] LI, F.; WU, Q.; LIAO, B.; YU, K.; HUO, Y.; MENG, L.; WANG, S.; WANG, B.; DU, M.; TIAN, X.; LI, Z. Thidiazuron promotes leaf abscission by regulating the crosstalk complexities between ethylene, auxin, and cytokinin in cotton. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, n. 5, p. 2696, 2022.
- [12] LÓPEZ-RÁES, J. A.; MATUSOVA, R.; CARDOSO, C.; JAMIL, M.; CHARNIKHOVA, T.; KOHLEN, W.; RUYTER-SPIRA, C.; VERSTAPPEN, F.; BOUWMEESTER, H. **Pest Management Science**, v. 65, n. 5, p. 471-477, 2009.
- [13] MUKKAMALA, R.; HOSSAIN, A.; AIDHEN, I. S. Valuable building block for the synthesis of lunularic acid, hydrangeic acid and their analogues. **Natural Product Research**, v. 31, n. 9, p. 1085-1090, 2017.
- [14] NAKAYAMA, T.; FUKUSHI, Y.; MIZUTANI, J.; TAHARA, S. Inhibiting effects of lunularic acid analogs on the growth of liverwort, watercress, and timothy grass. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, v. 60, n. 5, p. 862-865, 1996.
- [15] OGUNYALE, O. G.; FAWIBE, O. O.; AJIBOYE, A. A.; AGBOOLA, D. A. A review of plant growth substances: their forms, structures, synthesis and functions. **Journal of Advanced Laboratory Research in Biology**, v. 5, n. 4, p. 152-168, 2014.
- [16] REN, H.; GAO, Z.; CHEN, L.; WEI, K.; LIU, J.; FAN, Y.; DAVIES, W. J.; JIA, W.; ZHANG, J. Dynamic analysis of ABA accumulation in relation to the rate of ABA catabolism in maize tissues under water deficit. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, n. 2, p. 211-219, 2007.

- [17] SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Plant Physiology**. 4a Ed. Belmont: Wadsworth Publishing Co., 1992. 682 p.
- [18] SAMOTA, M. K.; BHATT, L.; GARG, N.; GEAT, N. Defense induced by jasmonic acid: a review. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 6, n. 5, p. 2467-2474, 2017.
- [19] SCHILDKNECHT, H. Turgorins—new chemical messengers for plant behaviour. **Endeavour**, v. 8, n. 3, p. 113-117, 1984. [https://doi.org/10.1016/0160-9327\(84\)90003-6](https://doi.org/10.1016/0160-9327(84)90003-6)
- [20] SOUSA, A. S. de; OLIVEIRA, G. S. de; ALVES, L. H. A pesquisa bibliográfica: princípios e fundamentos. **Cadernos da Funcamp**, v. 20, n. 43, p.64-83, 2021.
- [21] TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6a. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2016. 888 p.il.
- [22] WANG, Y.; LIU, C.; LI, K.; SUN, F.; HU, H.; LI, X.; ZHAO, Y.; HAN, C.; ZHANG, W., DUAN, Y., LIU, M., LI, X. Arabidopsis EIN2 modulates stress response through abscisic acid response pathway. **Plant Molecular Biology**, v. 64, n. 4, p. 633-644, 2007.
- [23] WEI, S. Methyl jasmonic acid induced expression pattern of terpenoid indole alkaloid pathway genes in *Catharanthus roseus* seedlings. **Plant Growth Regulation**, v. 61, n. 243-251, 2010.
- [24] YAN, J.; TSUCHIHARA, N.; ETOH, T.; IWAI, S. Reactive oxygen species and nitric oxide are involved in ABA inhibition of stomatal opening. **Plant, Cell and Environment**, v.30, p.1320-1325, 2007.
- [25] ZAVALA, J. A.; PATANKAR, A. G.; GASE, K.; HUI, D.; BALDWIN, I. T. Manipulation of endogenous trypsin proteinase inhibitor production in *Nicotiana attenuata* demonstrates their function as antiherbivore defenses. **Plant Physiology**, v. 134, n. 3, p. 1181-1190, 2004.
- [26] ZHAO, Y. Auxin biosynthesis and its role in plant development. **Annual Review of Plant Biology**, v. 61, p. 49-64, 2010.
- [27] ZHU, X.; ZHU, J-K. Double Repression in jasmonate-mediated plant defense. **Molecular Cell**, v. 50, n. 4, p. 459-460, 2013.

Capítulo 10

Potencialidades dos fungos micorrizicos arbusculares como bioindicador de estabilidade de floresta nativa, cerrado e pastagem no município de Guajará-Mirim/RO

Thais Ponhês dos Santos Lemos

Ana Lucy Caproni

Ricardo Luis Louro Berbara

José Rodolfo Dantas de Oliveira Granha

Resumo: Este trabalho teve como objetivo identificar e estimar a diversidade de comunidades de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) em três ecossistemas localizados no município de Guajará-Mirim/RO. Foram coletadas 20 amostras simples de solos, aleatoriamente, de 0 a 20 cm, em ecossistemas de Mata Nativa, de Pastagem e de Cerrado nas estações seca (set./2016) e chuvosa (jan./2017). Os esporos foram extraídos das amostras de solo, contados e identificados taxonomicamente. Estimou-se a densidade de esporos e calcularam-se a frequência de ocorrência de cada espécie e os índices de diversidade de espécies em cada ecossistema e época de amostragem. Foi constatado o total de 35 espécies nos três ecossistemas nas duas épocas. O maior número de espécies identificadas em todas os ecossistemas amostrados pertenceram aos gêneros *Acaulospora* com 11 espécies e *Glomus* com 8 espécies. A diversidade foi maior no período seco com um total de 32 espécies, e no período chuvoso com 31 espécies. A maior densidade de esporos foi encontrada no ecossistema de Cerrado seguida do ecossistema de Pastagem independente das épocas, no ecossistema de Mata Nativa contou-se baixa densidade de esporos nas duas épocas. No período seco a maior diversidade de espécies segundo o índice de Shannon foi no ecossistema de Cerrado e de Pastagem, e a mais baixa diversidade no ecossistema de Mata Nativa. A equitabilidade analisada pelo índice de Pielou se manteve estável nos ecossistemas de Cerrado e Pastagem, e baixa no ecossistema de Mata Nativa. O índice de dominância de Simpson indicou alta dominância de espécie. Na época chuvosa o índice de Shannon se manteve estável nos três ecossistemas. A equitabilidade de Pielou foi baixa no ecossistema de Pastagem. E o índice de dominância de Simpson se manteve padrão nos três ecossistemas. A espécie *Glomus macrocarpum* apresentou 100% de frequência de ocorrência em todas as áreas na época chuvosa.

Palavras-chave: fungos micorrizicos arbusculares, bioindicador ambiental, diversidade de espécies.

1. INTRODUÇÃO

A potencialidade dos FMAs (Fungos Micorrízicos Arbusculares) é de extrema importância como bioindicador ecológico ambiental em diferentes ecossistemas. Os FMAs exercem efeitos marcantes e benéficos sobre as plantas através da melhoria nutricional na natureza (Harrisin, 2005; Ramos, Façanha e Feijó, 2008 citados por Folli-Pereira *et al.*, 2012). A melhoria ocorre graças à interação entre as plantas e os fungos, sendo essa interação conhecida como simbiose micorrízica. É através da simbiose micorrízica que os FMAs disponibilizam nutrientes para as plantas, aumentando seu potencial de desenvolvimento em alguns ecossistemas.

Existem vários fatores ambientais e antrópicos que causam a perda ou diminuição do potencial de estabilidade dos FMAs na natureza. As condições biológicas naturais do solo interferem no desenvolvimento e na capacidade ecológica dos FMAs. No meio natural existem vários predadores de hifas, como as colêmbolas e inúmeros parasitas e antagonistas que consomem os esporos ou reduzem sua viabilidade no solo (Moreira; Siqueira, 2006), causando a diminuição ou a perda de várias espécies. Os Fatores antrópicos como manejos de utilização do solo, mecanização excessiva com alta fertilização, aplicação de pesticidas, rotações de culturas com plantas não-hospedeiras, poluentes diversos, inclusive orgânicos, com uso excessivo de esterco, por exemplo, levam à diminuição da otimização dessa simbiose, seja pela redução da atividade fúngica, de sua diversidade ou da produção de hifas extra-radulares (Berbara; Souza; Fonseca, 2006).

Os FMAs podem ser encontrados em diversos tipos de solos e vegetações, tais como, Floresta Amazônica, Mata Atlântica, Caatinga, Cerrado e em vários outros biomas (Sugai, 2007). Estes microrganismos participam ativamente de inúmeros processos interativos entre solo e planta, e podem auxiliar no processo de recuperação de áreas degradadas, pois representam um componente quantitativo e qualitativo significativo nos ecossistemas, exercendo grande influência no crescimento e na adaptação das plantas aos estresses bióticos e abióticos no solo (Hirata; Andrade Filho, 2011). Com a grande procura por meios naturais de recuperar a vegetação e desenvolver uma agricultura sustentável, os FMAs são muito utilizados como uma saída para o melhor desenvolvimento natural dos diferentes ecossistemas. Há um envolvimento recíproco entre fungo, solo e planta onde todas as partes recebem benefícios.

A participação dos fungos micorrízicos na fisiologia e ecologia do sistema solo-planta é bastante evidente e representa um componente essencial para a qualidade dos ecossistemas e para a recuperação de áreas degradadas (Siqueira *et al.*, 2007). Devido à grande importância destes microrganismos, muitos pesquisadores estudam sobre o benefício proporcionado ao vegetal, e os meios naturais e não-naturais que afetam estes microrganismos.

Com a crescente interferência da paisagem pelos seres humanos é vital estabelecer como as mudanças no uso da terra influenciam a abundância, a atividade e o impacto dos FMAs nos serviços ecossistêmicos (Soka; Ritchie, 2014). Embora diversos trabalhos já tenham sido desenvolvidos, a riqueza, a diversidade e o potencial simbiótico de populações de FMAs nos ecossistemas brasileiros não são ainda suficientemente estudados (Moreira; Siqueira, 2006). Já que poucos são os trabalhos sobre a ocorrência de FMAs em ecossistemas naturais no Brasil (Araújo, 2008).

O estudo das comunidades de FMAs e de suas respectivas populações é uma etapa fundamental para diferentes abordagens de pesquisa sobre micorrizas arbusculares. Em ambientes naturais estes estudos podem contribuir para o entendimento da simbiose e do seu papel nos diferentes ecossistemas (Scabora, 2007).

Com o avanço na área de pesquisa e da tecnologia a coleta, identificação, e o monitoramento da diversidade microbiana e da biodiversidade de solos são possíveis se fazer estudos nessa área graças ao desenvolvimento de técnicas laboratoriais avançadas de sistemática e ecologia. No entanto, a infraestrutura existente nas Universidades e Institutos de Pesquisa brasileiros tem capacidade limitada de análise, dada a vasta diversidade destes organismos nos ecossistemas tropicais. Esta limitação é ainda mais acentuada na região Norte, Nordeste e Centro-Oeste, onde concentram-se os ecossistemas pertencentes aos biomas Floresta Amazônica, Cerrados e Pantanal, largamente inexplorados (Canhos; Coutinho; Vazoller, 1998).

A dinâmica dos FMAs necessita de mais estudos na região Amazônica, pois um maior entendimento das interações destes organismos com as plantas auxiliarão na aplicação de pesquisas futuras e para o manejo destes simbioses.

O objetivo deste trabalho foi identificar a diversidade das comunidades dos FMAs em ecossistema de Mata Nativa, de Pastagem, e de Cerrado, no município de Guajará-Mirim/RO em período seco (setembro de 2016) e período chuvoso (janeiro de 2017).

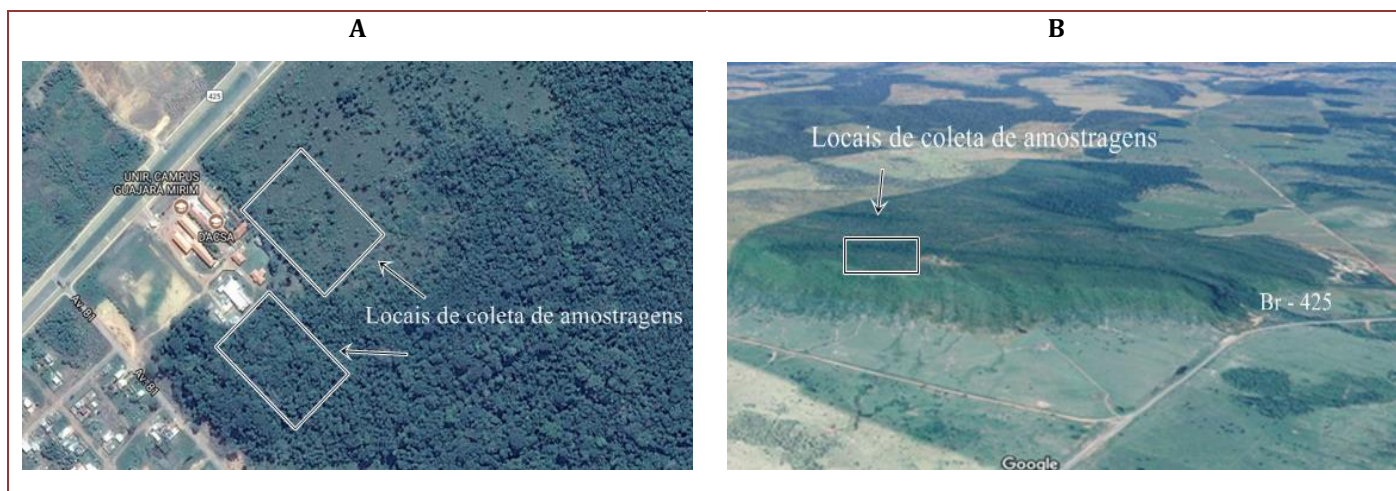
2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. LOCALIZAÇÃO

Amostras de solos foram coletadas em ecossistemas de Mata Nativa, de Pastagem e de Cerrado (Fotos 1A e 1B), localizados no município de Guajará-Mirim/RO. Os ecossistemas se situam entre as coordenadas geográficas 65°17'53,6345"W 10°45'13,2668"S, se localizam no bioma Amazônia, o clima da região é equatorial úmido.

Os ecossistemas de mata nativa e de Pastagem (Foto 1A) estão localizados próximo ao Campus da Universidade Federal de Rondônia às margens da BR-425, com avenida 81, Km 2,5, no bairro Jardim das Esmeraldas. O ecossistema de Cerrado conhecido popularmente pelo nome de Serra dos Parecis (Foto 1B) está localizado na saída da cidade de Guajará-Mirim/RO, distante cerca de 6 km da cidade. A Serra se encontra as margens da BR-425, área rural do município.

Foto 1 - Vista da Mata Nativa, da Pastagem (A) e da Serra do Parecis (B) no município de Guajará-Mirim/RO onde foram feitas as coletas das amostras de solo em set/2016 e jan/2017, para avaliação dos FMAs



Fonte: <https://www.google.com.br/maps>, em janeiro de 2017.

O ecossistema de mata nativa é um pequeno fragmento pertencente ao *Campus* da Universidade Federal de Rondônia em Guajará-Mirim/RO com aproximadamente 5 ha. É um local que já sofreu constantes modificações ao longo do tempo. Com o auxílio de um mateiro e em pesquisas feitas no local de identificação de espécies vegetais, listaram-se as espécies de maior ocorrência no ecossistema tais como a samaúma (*Ceiba pentandra* L.), uchi (*Endopleura uchi* Huber), tucumã (*Astrocaryum aculeatum* G.F.W. Maye), Cumaru ferro (*Dipteryx odorata* Aubl.), açaí (*Euterpe oleracea* Mart.), babaçu (*Attalea speciosa* Mart.), bananeira (*Musa* sp.), breu (*Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand), cedro (*Cedrela fissilis* Vell.), castanheira (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), embaúba (*Cecropia* sp.), sucupira (*Pterodon emarginatus* Vogel.), gameleira (*Ficus adhatodifolia* Schot.), Angelim (*Dinizia excelsa* Ducke.).

O ecossistema de Pastagem (Foto 1A) fica localizado às margens da BR-425, Km 2,5, saída da cidade de Guajará-Mirim/RO, este ecossistema fica situado ao lado do *Campus* da Universidade Federal de Rondônia em Guajará-Mirim/RO. É um ecossistema que tem a existência de algumas espécies vegetais. Com o auxílio de um mateiro e em pesquisas feitas no local foram feitas a identificação de espécies vegetais. Listou-se a seguir as espécies dominantes: capim brachiaria (*Urochloa decumbens* Stapf.), frejó (*Cordia goeldiana* Huber), cipó de fogo (*Pyostegia venusta* Ker Gawl.), lacre (*Vismia antiscrophylla* Aubl.), peroba (*Aspidosperma polyneuron* Muell. Arg.) e tucumã (*Astrocaryum aculeatum* G. Mey).

O ecossistema de Cerrado (Foto 1B) fica localizado às margens da BR-425, Km 6, é um Parque Municipal popularmente como “Serra dos Parecis”. É um ecossistema que sofre constantes perturbações humanas, pois todos os anos na época seca há relatos de queimadas criminosas neste ecossistema. Neste ecossistema há a existência de algumas espécies vegetais, como gengibre do mato, ouricuri (*Syagrus coronata* L.), jenipapo (*Genipa americana* L.), capim brachiaria (*U. decumbens*), tachi (*Tachigalia paniculata* Aublet), embaúba (*Cecropia* sp.), murici (*Byrsonima verbacifolia* Rich.).

2.2. AMOSTRAGENS

Foram coletadas aleatoriamente 20 amostras simples de solo em cada um dos ecossistemas de Mata Nativa, de Pastagem e de Cerrado, para a avaliação da diversidade das espécies dos FMAs, em época seca (set./2016) e chuvosa (jan./2017). Para as amostragens de solo foi utilizado um trado com capacidade para 500 mL. As amostras foram retiradas na profundidade de 0 a 20 cm, próximas às raízes das plantas.

Após a coleta, as amostras de solo foram secadas à sombra, acondicionadas em sacolas de plástico e armazenadas a 10°C até o seu processamento em laboratório para a avaliação dos FMAs. As amostras foram processadas no laboratório de biologia e química da Universidade Federal de Rondônia, *Campus* de Guajará-Mirim/RO. Para avaliação dos FMAs, foram utilizados 100 mL das amostras do solo, para a extração dos esporos, os quais foram contados sob luz de microscópio estereoscópico e identificados sob luz polarizada de microscópio óptico.

2.3. CURVA ESPÉCIE-NÚMERO DE AMOSTRAS

Após a identificação e contagem das espécies dos FMAs foi realizada avaliação da curva espécie-número de parcelas e número cumulativo de espécies nas parcelas de cada local de coleta, com intuito de observar a viabilidade do número de amostras em cada local. A curva espécie-número de parcelas foi obtida pelo número cumulativo de espécies identificadas em cada área no eixo Y e o número cumulativo de amostras no eixo X do gráfico conforme Schilling e Batista (2008). Quando a curva começou a se estabilizar então definiu-se o número ideal de amostras para caracterização das espécies de cada ecossistema. Tradicionalmente este procedimento é o mais usado para definir a suficiência amostral e vem da interpretação extraída por meio da curva do coletor, pela “inspeção visual” da curva, para identificar o ponto em que se inicia o patamar de estabilização (Freitas; Magalhães, 2012).

2.4. NÚMERO DE ESPOROS DOS FMAs

De cada amostra retirou-se 100 mL de solo e fizeram-se as extrações dos esporos dos FMAs seguindo as técnicas de peneiramento úmido (Gerdemann; Nicolson, 1963), utilizando peneiras com malhas de 500 µm e de 53 µm, seguida por centrifugação com sacarose. Após a contagem, os esporos foram transferidos para uma placa de Petri. Estes foram agrupados pelas características de tamanho, cor e forma, e os grupos foram colocados em lâminas com álcool polivinil em lactoglicerol (PVLG) e quebrados delicadamente, sob a lamínula, para a exposição das paredes internas. Na mesma lâmina um segundo grupo de esporos foi montado com PVLG + reagente de Melzer (1:1), sob outra lamínula. Os resultados da reação de cor ao reagente de Melzer foi utilizado para caracterizar as paredes dos esporos, melhorando, em alguns casos, a visibilidade, especialmente daqueles esporos com paredes aderentes ou muito finas. Os esporos foram então identificados e contados por espécie.

2.5. IDENTIFICAÇÃO DAS ESPÉCIES DOS FMAs

A identificação das espécies de FMAs foi feita segundo Schenck e Perez (1988) e conforme descrição morfológica disponível na internet na página da International culture Collection of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (INVAM <http://invam.caf.wvu.edu>). A interpretação das

características taxonômicas foi feita sob a orientação da Prof^a. Dra. Ana Lucy Caproni, mediante observações em microscópio óptico com iluminação de campo-claro e objetiva de imersão. Os esporos foram identificados de acordo com a análise morfológica clássica. Os caracteres taxonômicos incluíram número e tipo de camadas das paredes dos esporos e sua reação ao reagente de Melzer; características das paredes internas, quando presentes; morfologia da hifa de sustentação do esporo; e variação da cor e tamanho dos esporos. Os esporos que puderam ser identificados foram contados, mesmo que estivessem parasitados ou não viáveis.

2.6. ANÁLISE DOS DADOS

A densidade (D) dos FMAs foi estimada através do número de esporos em 100 mL de solo e a densidade de cada espécie de FMAs (D_i), como sendo a relação entre o número de esporos de determinada espécie por 100 mL de solo. As diferenças nas densidades entre o número total de esporos e o de espécies, entre as épocas de amostragens e as áreas amostradas, foram analisadas pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (Silva, 2016).

A frequência de ocorrência de cada espécie (F_i) foi calculada em cada época de amostragens (seca e chuvosa) (Brower; Zar; Von End, 1990), de acordo com a equação $F_i = J_i / K$, onde F_i = Frequência de ocorrência da espécie i ; J_i = Número de amostras nos quais a espécie i ocorreu e k = Número total de amostras.

Foram calculados os índices de diversidade de Shannon-Wiener (H') para cada ecossistema e cada época de coleta de amostra de solo, de acordo com a fórmula: $H' = -\sum (X_i/X_o) \cdot \log(X_i/X_o)$, onde: X_i corresponde à densidade de esporos de cada espécies em 100 ml de solo, X_o corresponde à densidade total de esporos de todas as espécies; o índice de dominância de Simpson (D) pela fórmula: $D = \sum (X_i/X_o)^2$, e o índice de equitabilidade de Pielou (J') pela fórmula: $J' = H'/\log S$, onde: S corresponde ao número total de espécies de FMAs em 100 mL de solo (Pielou, 1977).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. CURVA ESPÉCIE-NÚMERO DE AMOSTRAS

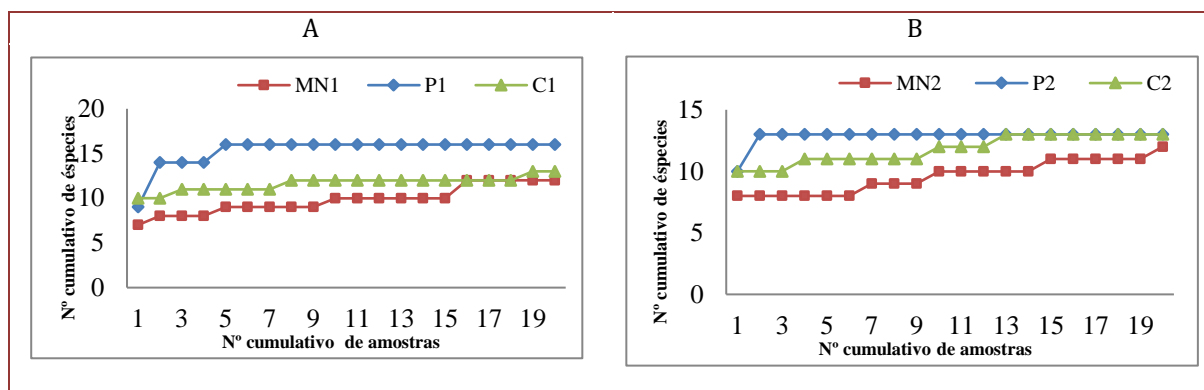
Foi gerado um gráfico curva espécies-número de amostras, para os ecossistemas de Mata Nativa, Pastagem e Cerrado, para cada época de amostragem do solo (set./2016 e jan./2017). Foi considerado o número ideal de parcelas quando a curva de acumulação de espécies foi estabilizada. Na época seca (set./2016) em ecossistema de Mata Nativa a curva se estabilizou a partir de 16 amostras; em ecossistema de Pastagem no período seco a curva se estabilizou a partir de 5 amostras e, em ecossistema de Cerrado no período seco a curva se estabilizou a partir de 19 amostras (Figura 1A).

Na época chuvosa (jan./2017) em ecossistema de Mata Nativa a curva se estabilizou a partir de 20 amostras; em ecossistema de Pastagem a curva se estabilizou a partir de 2 amostras e em ecossistema de Cerrado a curva se estabilizou a partir de 13 amostras (Figura 1B).

No ecossistema de Pastagem nas duas épocas houve maior número cumulativo de espécies e o primeiro ecossistema a se estabilizar, precisando de duas a seis amostras. O ecossistema de Cerrado foi o segundo ecossistema com maior número cumulativo de espécies a se estabilizar para as duas épocas. Já o ecossistema de Mata Nativa teve o menor número cumulativo de espécies e precisou de um número maior de amostragens para se

estabilizar. A partir dos maiores valores da estabilização das curvas não houve acréscimo de espécies novas.

Figura 1 - Curva espécie-número de amostras e número cumulativo de espécies nos ecossistemas de Mata Nativa, Pastagem e Cerrado localizados no município de Guajará-Mirim/RO, em setembro de 2016 (A) e em janeiro de 2017 (B), época chuvosa



Fonte: Ana Lucy Caproni.

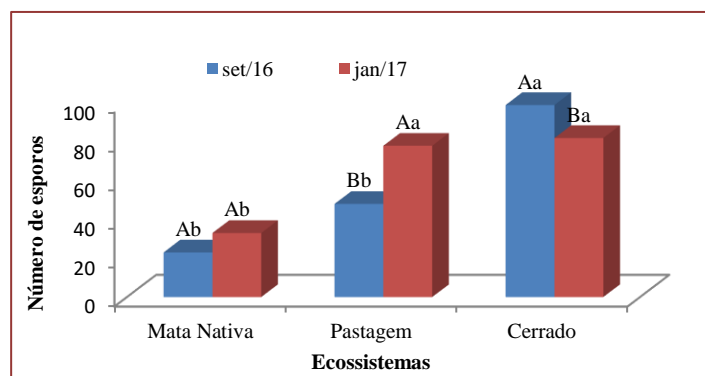
3.2. AVALIAÇÃO DOS ESPOROS DE FMAS

A densidade média de esporos dos FMAs não diferiu significativamente entre as épocas seca e chuvosa em ecossistema de Mata Nativa ($p \leq 0,05$) (Figura 2). Para Silveira (1992), a população dos esporos dos FMAs pode variar com as espécies de plantas e com o clima, além de melhorar a qualidade biológica do solo. Segundo estes pesquisadores, os solos de florestas nativas ou de Cerrado nativo são importantes por manter a biodiversidade e servir como fonte de propágulos para o desenvolvimento de outras culturas com a utilização de menores quantidades de insumos agrícolas. Outros pesquisadores como Santos, Barreto e Scoriza (2014), encontraram resultados diferentes dos encontrados neste trabalho, em estudo feito em ecossistema de Mata Nativa, em Vitória da Conquista na Bahia verificaram que há maior densidade de esporos em época chuvosa. Porém, em outros ambientes é comum encontrarem variação sazonal para a produção de esporos durante o período seco e chuvoso (Nelsen, 1987; Coelho *et al.*, 1997; Klironomos *et al.*, 1993; Abbot; Robson, 1991; Martins; Miranda; Miranda, 1999; Caproni *et al.*, 2003).

Nos ecossistemas de Pastagem e de Cerrado houve diferença significativa entre as duas épocas. Em ecossistema de Pastagem a densidade média de esporos foi maior na época chuvosa. Resultados semelhantes foram constatados por outros pesquisadores como Miranda, Vilela e Miranda (2005) que analisando os FMAs em ecossistemas de Pastagem e de Cerrado, constataram que houve maior densidade de esporos na época chuvosa também em ecossistema de Pastagem. O período chuvoso foi benéfico em pesquisa feita por Araújo (2008), em análises feitas em alguns ecossistemas, este pesquisador observou que os ecossistemas de Pastagem tiveram um número significativamente maior de esporos sendo recuperados na época chuvosa. E, em ecossistema de Cerrado a densidade média de esporos foi maior na época seca. Resultado semelhante a esta pesquisa foi constatado por Sugai (2007), que analisando uma área de Cerrado pode constatar maior densidade de esporos no período seco. Este pesquisador afirma que os FMAs desencadeiam uma saída para esporulação e sua sobrevivência na época seca fazendo com que aumente a densidade de esporos nessa época. Analisando os FMAs em latossolo

vermelho de Cerrado, Vilela (2012) corroborou com o resultado desta pesquisa constatando alta densidade de esporos na época seca e baixa densidade de esporos na época chuvosa.

Figura 2- Densidade de esporos dos FMAs em amostras de 100 mL de solo coletadas nos meses de Setembro/2016 e Janeiro/2017 nos ecossistemas de Mata Nativa, de Pastagem e de Cerrado em Recuperação, no município de Guajará-Mirim/RO. (Barras seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si nas épocas de amostragens em cada ecossistema; barras seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si entre os ecossistemas na mesma época - teste de Kruskal-Wallis $p \leq 0,05$)



Comparando os ecossistemas de Mata Nativa, Pastagem e Cerrado, na época seca e na época chuvosa, observou-se que a densidade média dos esporos dos FMAs no ecossistema de Cerrado foi significativamente superior aos ecossistemas de Pastagem e de Mata Nativa na época seca (Figura 2). Já no período chuvoso os ecossistemas de Cerrado e Pastagem foram superiores ao de Mata Nativa. Gomide *et al.* (2014) em estudos feitos entre diferentes fitofisionomias constataram em ecossistema de Cerrado uma alta densidade de esporos, tanto na época seca quanto na época chuvosa. Já, outros pesquisadores como Cordeiro *et al.* (2005), quando compararam uma área de Pastagem degradada em processo de reabilitação e Cerrado natural encontraram maior densidade de esporos sob a Pastagem degradada, resultado que diferiu desta pesquisa. Miranda, Vilela e Miranda (2005) avaliaram a variação sazonal dos esporos, em campo, num Latossolo Vermelho e observaram que no período chuvoso, em 1992, as maiores densidades de esporos no solo ocorreram nas áreas com pastagens puras e consorciadas do que no Cerrado nativo.

Um fator a ser considerado nesta pesquisa que tem grande influência na densidade de esporos é a queimada, já que o ecossistema de Cerrado sofre anualmente queimadas criminosas. Este fato dá um indicativo que este ecossistema viveu em um constante processo de perturbação antes das coletas das amostras do solo. É provável que outro fator que pode também ter grande influência na densidade de esporos nos ecossistemas de Pastagem e Cerrado é a presença de *Urochloa decumbens* Stapf, segundo Sugai (2007) esta é uma espécie de gramínea que possui grande potencial para multiplicação dos FMAs. Estes podem ser fatores que influenciaram fortemente na alta densidade de esporulação dos FMAs nestes ecossistemas. Em áreas cultivadas e expostas a processos erosivos, como é o caso da Pastagem e do ecossistema de Cerrado, a presença dos FMAs pode ser determinante e fundamental para o desenvolvimento das espécies vegetais submetidas a estresses diversos, como inverno seco, queimadas eventuais e solos ácidos, de baixa

fertilidade natural (Melloni *et al.*, 2011) provocando assim uma alta esporulação das espécies dos FMAs. Solos que sofrem interferência humana promovem aumento no número de esporos, quando comparados com solos que não sofrem interferência, segundo Cordeiro *et al.* (2005) quando compararam sistemas de manejo do solo e a influência sobre os FMAs em áreas de Cerrado.

O ecossistema de Mata Nativa teve entre os três ecossistemas a menor densidade de esporos nas duas épocas. Outros pesquisadores como Caproni *et al.* (2003), observaram baixa densidade de esporos em floresta primária, estável, quando comparada com áreas revegetadas, perturbadas. Em trabalho feito por Gomide *et al.* (2014), em diferentes fitofisionomias do Pantanal da Nhecolândia observou que a área de floresta teve a menor densidade de esporos de FMAs quando comparadas com as outras diferentes fitofisionomias. Em estudo feito por Ferreira; Carneiro; Saggin-Junior (2012), a densidade de esporos foi maior em ecossistema de Pastagem do que em outros ecossistemas naturais e antropizados. Em solos de ecossistemas de Mata Nativa é comum encontrar baixa densidade de esporos (Santos; Barreto; Scoriza, 2014). A menor densidade de esporos de FMAs na floresta primária pode ser consequência da maior estabilidade do ecossistema, com solo superficial mais protegido contra perturbações bruscas, dando garantia da sobrevivência das espécies com baixa esporulação. Pode-se considerar também a presença de uma biota micófaga eficiente ou espécies de plantas que não induzem grandes esporulações (Caproni, 2001).

Moreira e Siqueira (2006) afirmaram que a ausência de esporulação de uma espécie não indica, necessariamente, a ausência do fungo naquele ecossistema, pois os mesmos podem estar presente em forma não esporulante. A ocorrência e a distribuição das espécies têm sido explicadas principalmente como resultados de processos ecológicos contemporâneos, como existência ou não de hospedeiros, temperatura e fatores do solo que atuam sobre a comunidade vegetal ou fúngica.

3.3. DENSIDADE DAS ESPÉCIES E FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA

Os ecossistemas de Mata Nativa, de Pastagem e de Cerrado apresentaram um total de 35 espécies pertencentes a 12 gêneros e 10 famílias (Tabela 1). Desse total, 32 espécies ocorreram nas amostras de solo coletadas na época seca (set./2016) e 31 espécies na época chuvosa (Jan./2017).

Seguindo a análise na Tabela 1 observa-se que a época seca propiciou maior número de espécies nos três ecossistemas. Em ecossistema de Mata Nativa foram constatadas 24 espécies, destas, 20 espécies ocorreram na época seca e 19 espécies na época chuvosa. Em ecossistema de Pastagem foram constatadas 31 espécies, sendo que 28 ocorreram na época seca e 27 na época chuvosa. E, em ecossistema de Cerrado foram constatadas 30 espécies, destas, 25 ocorreram na época seca e 23 na época chuvosa.

Em avaliação de espécies de FMAs realizada por levantamento de esporos recuperados diretamente das amostras de solos coletadas em campo, Caproni *et al.* (2003) constataram um maior número de espécies na época seca em pesquisa feita em áreas remanescentes de mineração de Bauxita em Porto de Trombetas/PA. Em estudo feito por Souza *et al.* (2003), na região da Caatinga também foi observado que houve maior diversidade de espécies no período seco.

O número de espécies encontradas neste estudo foi maior do que os encontrados por outros pesquisadores como Assis *et al.* (2014) em Campos de Murundus após a conversão para sistemas agrícolas no Cerrado, onde foi constatado um total de 27 espécies de FMA. Em outros estudos feitos por outros pesquisadores o número de espécies de FMAs foi maior do que o número encontrado neste trabalho. Em trabalho feito por Caproni (2001), foram constatadas 57 espécies de FMAs em Porto Trombetas/PA. Fernandes (2009) em estudo feito em solos de plantio, Pastagem e Cerrado constatou um total de 42 espécies de FMAs em dois períodos de coleta. No Brasil, os estudos realizados sobre a ocorrência dos FMAs em ecossistemas naturais e em agrossistemas indicam que o número de espécies pode variar de 35 em dunas costeiras até mais de 40 em cultivos de café e no Cerrado nativo. Esse número de espécies de FMAs representa aproximadamente 1/3 de todas as espécies de Glomales descritas até o ano de 2002 (Siqueira; Lambais; Sturmer, 2002).

No período seco em todos os ecossistemas ocorreram um total de 32 espécies (Tabela 1) sendo: *Acaulospora* sp1, *A. colossica* Schultz, Bever e Morton (1999), *A. excavata* Ingleby e Walker (1994), *A. foveata* Trappe e Janos (1982), *A. kentinensis* Kaonongbua, Morton & Bever (2010), *A. laevis* Gerd. & Trappe (1974), *A. mellea* Spain e Schenck (1984), *A. morrowiae* Spain e Schenck (1984), *A. scrobiculata* Trappe (1977), *A. spinosissima* Oehl, Palenz, Sánches, Tchabi, Hount e Silva (2014), *A. tuberculata* Janos e Trappe (1982), *Ambispora leptoticha* Walker, Vestberg e Schuessler (2007), *Claroideoglossum etunicatum* Walker e Schuessler (2010), *D. heterogama* Sieverd., Souza e Oehl (2008), *Entrophospora* sp1, *Funneliformis geosporum* Walker e Schuessler (2010), *F. verruculosum* Walker e Schuessler (2010), *Gigaspora decipiens* Hall e Abbott (1984), *G. gigantea* Gerd. e Trappe (1974), *G. ambisporum* Sm. e Schenck (1985), *G. diaphanum* Walker e Schuessler (2010), *Glomus* sp1, *G. sp2*, *G. sp3*, *G. heterosporum* Sm. e Schenck (1985), *G. macrocarpum* Tulasne e Tulasn (1845), *G. sp4*, *Racocetra verrucosa* Oehl, Souza e Sieverd. (2008), *Rizoglossum fasciculatum* Walker & Schuessler (2010), *R. microaggregatum* Koske, Gemma e Olexia (1986), *Scutellospora calospora* Walker e Sanders (1986) e *S. erytropa* alker e Redecker (2013).

Tabela 1 - Densidade média dos esporos e Frequência de Ocorrência das espécies de FMAs em 100 ml das amostras de solos coletadas em Setembro/2016 (período seco) e Janeiro/2017 (período chuvoso) nos ecossistemas de Mata Nativa, Pastagem e Cerrado, no município de Guajará-Mirim/RO

Espécies	Mata Nativa		FO%		Pastagem		FO%		Cerrado		FO%		FO%	
	Seca	Chuva	MN1	MN2	Seca	Chuva	P1	P2	Seca	Chuva	C1	C2	Seca	Chuva
<i>Acaulospora sp1</i>	6	22	30	75	12	19	55	55	104	51	75	70	53	67
<i>A. colossica</i>	-	-	-	-	0,4	1	5	5	1	-	5	-	3	2
<i>A. excavata</i>	2	2	5	5	-	1,8	-	15	0	-	-	-	2	7
<i>A. foveata</i>	0,3	2	5	20	3	1,9	15	10	2	5	5	15	8	15
<i>A. laevis</i>	1	-	10	-	-	-	-	-	-	1	-	5	3	2
<i>A. mellea</i>	19	11	70	55	25	44	85	70	73	57	60	75	72	67
<i>A. morrowiae</i>	-	0,4	-	5	2	10	10	25	1	7	5	20	5	17
<i>A. rehmi</i>	-	1	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>A. scrobiculata</i>	0,3	4	5	25	4	14	35	40	8	-	25	-	22	22
<i>A. spinosissima</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	10	-	3	-
<i>A. tuberculata</i>	-	-	-	-	2	14	10	40	2	4	10	25	7	22
<i>Ambispora leptoticha</i>	-	-	-	-	4	1	15	5	3	9	10	20	8	8
<i>Claroideoglossum etunicatum</i>	5	20	55	60	41	70	75	80	122	69	85	75	72	72
<i>Dentiscutata heterogama</i>	1	-	20	-	10	10	60	20	-	0,4	-	5	27	8
<i>Entrophospora sp1</i>	-	-	-	-	-	1	-	5	6	-	15	-	5	2
<i>Funneliformis geosporum</i>	40	77	90	95	73	244	90	100	312	175	95	95	92	97
<i>F. verruculosum</i>	-	-	-	-	2	-	15	-	2	-	5	-	7	-
<i>Gigaspora decipiens</i>	1	3	15	15	5	9	45	25	5	3	10	10	23	17
<i>G. gigantea</i>	-	-	-	-	1	-	15	-	-	-	-	-	5	-
<i>G. margarita</i>	-	0,3	-	5	-	-	-	-	-	0,5	-	5	-	3
<i>Glomus sp1</i>	-	9	-	25	22	10	55	10	50	11	60	20	38	18
<i>G. sp2</i>	4	6	30	35	4	12	15	30	-	3	-	10	15	25
<i>G. ambisporum</i>	76	83	100	95	127	139	95	95	230	69	95	70	97	87
<i>G. sp3</i>	-	-	-	-	2	0,6	5	5	-	14	-	30	2	12
<i>G. diaphanum</i>	-	-	-	-	4	4	20	20	11	34	25	65	15	28
<i>G. heterosporum</i>	2	3	15	10	8	2	40	15	10	5	5	10	20	12
<i>G. macrocarpum</i>	87	103	100	100	100	256	95	100	268	330	90	100	95	100
<i>G. sp4</i>	2	11	45	60	10	3	50	20	94	30	75	70	57	50
<i>Kuklospora colombiana</i>	-	-	-	-	-	1	-	5	-	-	-	-	-	2
<i>K. kentinensis</i>	0,2	-	5	-	0,3	-	5	-	19	-	10	-	7	-
<i>Rhizoglossum fasciculatum</i>	3	-	30	-	11	1	65	5	21	-	35	-	43	2
<i>R. microaggregatum</i>	47	47	80	65	95	124	60	65	248	151	70	60	70	63
<i>Racocetra verrucosa</i>	1	-	10	-	5	-	30	-	32	11	40	25	27	8
<i>Scutellospora calospora</i>	12	15	70	65	9	18	30	55	58	33	60	55	53	58
<i>S. erytropa</i>	-	-	-	-	2	1	10	5	-	-	-	-	3	2
Total de esporos	310	419			585	1010			1685	1071				
Desvio padrão	26	32			34	71			94	77				
Total de espécies	20	19			28	27			25	23			32	31

Acaulospora sp1, *Entrophospora* sp1, *Glomus* sp1, *G. sp2*, *G. sp3* e *G. sp4* foram as espécies de FMAs recuperadas neste estudo que puderam ser identificadas apenas a nível de gênero. Pode-se supor que essas espécies ainda não identificadas representem novas espécies para a ciência, visto que há uma grande falta de estudos e pesquisas feitas na região norte do país.

No período chuvoso ocorreram 31 espécies sendo: *Acaulospora* sp1, *A. colossica*, *A. excavata*, *A. foveata*, *A. laevis*, *A. mellea*, *A. morrowiae*, *A. rehmi*, *A. scrobiculata* (Foto 2), *A. tuberculata*, *Ambispora leptoticha*, *Claroideoglomus etunicatum*, *Dentiscutata heterogama*, *Entrophospora* sp1, *Funneliformis geosporum*, *Gigaspora decipiens*, *G. margarita*, *Glomus* sp1, *G. sp2*, *G. ambisporum*, *G. sp3*, *G. diaphanum* (Foto 3), *G. heterosporum*, *G. macrocarpum*, *G. sp4*, *Kuklospora colombiana*, *Rhizoglomus fasciculatum*, *R. microaggregatum*, *Racocetra verrucosa*, *Scutellospora calospora* e *S. erytropa*.

Foto 2 - *Acaulospora scrobiculata*



Fonte: Thaís Ponnês dos Santos.

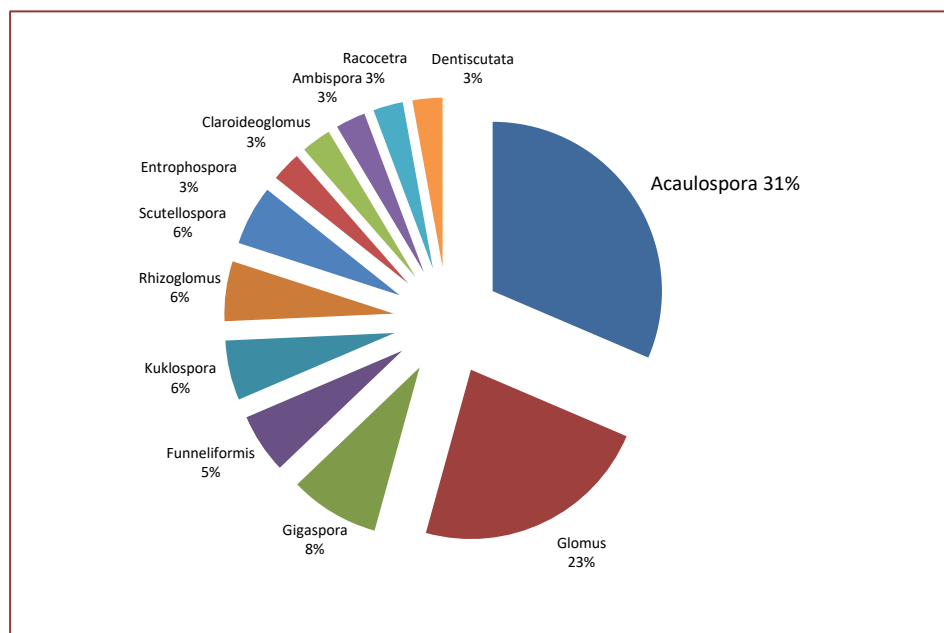
Foto 3 - *Glomus diaphanum*



Fonte: Thaís Ponnês dos Santos.

O maior número de espécies identificadas em todas os ecossistemas amostrados, neste trabalho, pertenceu aos gêneros *Acaulospora* (31%) com 11 espécies: (*Acaulospora* sp1, *A. colossica*, *A. excavata*, *A. foveata*, *A. laevis*, *A. mellea*, *A. morrowiae*, *A. rehmi*, *A. scrobiculata* (Foto 6), *A. spinosissima* e *A. tuberculata*), e *Glomus* (23%) com 8 espécies (*Glomus* sp1, *Glomus. sp2*, *G. ambisporum*, *Glomus. sp3*, *G. diaphanum* (Foto 7), *G. heterosporum*, *G. macrocarpum* e *Glomus. sp4*), a presença destes dois gêneros com um abundante número de espécies nos três locais de estudo evidencia a grande adaptabilidade e tolerância destes gêneros em diferentes ecossistemas. Outros gêneros como *Gigaspora* (3 espécies), *Funneliformis*, *Kuklospora*, *Rhizoglomus*, *Scutellospora* (2 espécies) e *Ambispora*, *Claroideoglomus*, *Entrophospora*, *Racocetra*, *Dentiscutata* (1 espécie) tiveram baixa riqueza de espécies, representando respectivamente 8, 6, 6, 6, 5, 3, 3, 3, 3 e 3% do total de espécies encontradas em todo o levantamento (Figura 4).

Figura 4 - Porcentagem de espécies em cada gênero de FMA, em relação ao número total de espécies identificadas nos ecossistemas de Mata Nativa, de Pastagem e de Cerrado em 100 mL das amostras de solo coletadas em Setembro/2016 (época seca) e Janeiro/2017 época chuvosa, município de Guajará-Mirim/RO



Tem sido comum identificar estes os gêneros *Acaulospora* e *Glomus* em várias pesquisas. Em estudos feito por Miranda, Vilela e Miranda (2005), em Latossolo Vermelho argiloso, em diferentes áreas de cultivo de integração de lavoura e Pastagem foram observados os gêneros *Acaulospora* e *Glomus* em todos os tratamentos. Camara *et al.* (2016) também constataram os gêneros *Acaulospora* e *Glomus* como maior riqueza de espécies, em área de floresta localizado em Marambaia, RJ. Chiquete (2011) observou a presença desses dois gêneros em seu estudo. Resultado semelhante ao de Scabora (2007), onde houve a maior ocorrência dos gêneros *Acaulospora* e *Glomus*, em área de subsolo exposto que estava em processo de regeneração natural, segundo a pesquisa houve indicativo de grande adaptabilidade destes dois gêneros ao local estudado. Em pesquisa feita por Souza *et al.* (2003), em solos da Caatinga a diversidade de espécies do gênero *Acaulospora* e *Glomus* foram altas.

Observa-se o predomínio do gênero *Acaulospora* em relação aos demais gêneros, tanto no clima seco quanto no chuvoso. Em área experimental da Embrapa Acre em áreas de capoeira e de mata, Miranda, Silva e Saggin-Júnior (2010) identificaram o gênero *Acaulospora* com predomínio em relação aos demais gêneros no período seco e *Glomus* com predomínio no período chuvoso. Parte da explicação para o fato de haver maior predominância dos gêneros *Acaulospora* e *Glomus* é que o maior número de espécies identificadas até o momento pertence a estes gêneros, conforme relatado em de Souza, Silva e Berbara (2008).

Algumas espécies como: *Acaulospora* sp1, *A. foveata*, *A. mellea* (Foto 4), *Claroideoglossum etunicatum*, *F. geosporum*, *G. decipiens*, *G. ambisporum*, *G. heterosporum*, *G. macrocarpum*, *Glomus* sp4, *R. microaggregatum* e *S. calospora* (Foto 5 com esporos dentro de esporo de *S. calospora*) foram espécies constatadas nos três ecossistemas, nas duas épocas em estudo. Algumas destas espécies de FMAs foram constatadas como espécies comumente encontrada em vários ecossistemas diferentes, como no trabalho realizado por Assis *et al.* (2014), que encontraram as espécies *G. macrocarpum* e *C. etunicatum* em sua pesquisa em todas as suas áreas estudadas.

Foto 4 - *Acaulospora mellea*



Fonte: Thaís Ponnês dos Santos.

Foto 5 - *Scutellospora calospora*, e internamente *R. microaggregatum*



Fonte: Thaís Ponnês dos Santos.

Quanto a frequência de ocorrência (Tabela 1), a espécie que teve maior destaque foi *Glomus macrocarpum* (Foto 6) com 100% em todas as amostras coletadas nos três ecossistemas em avaliação, seguido das espécies *Funneliformis geosporum* e *Glomus ambisporum* (Foto 7), com 96,7% de frequência de ocorrência. A espécie *G. macrocarpum* tem sido encontrada em muitos ecossistemas com alta frequência de ocorrência, como exemplo nos resultados da pesquisa feito por Santos, Barreto e Scoriza (2014), a espécie *Glomus macrocarpum* apresentou alta frequência de ocorrência. Outros pesquisadores como Camara *et al.* (2016), em fragmentos florestais constataram 100% de frequência de ocorrência da espécie *Glomus macrocarpum*. Em um estudo feito por Matos (2009) a espécie *Glomus macrocarpum* teve 100% de frequência de ocorrência em ecossistema de floresta.

Foto 6 - *Glomus macrocarpum*



Fonte: Thaís Ponnês dos Santos.

Foto 7 - *Glomus ambisporum*



Fonte: Thaís Ponnês dos Santos.

3.4. PRESENÇA DOS FMAs NOS ECOSISTEMAS DE MATA NATIVA, DE PASTAGEM E DE CERRADO

Nos ecossistemas de Mata Nativa, Pastagem e Cerrado ocorreram 18 espécies independente das épocas do ano (Tabela 2), sendo elas: *Acaulospora* sp1, *Acaulospora foveata*, *Acaulospora mellea*, *Acaulospora scrobiculata*, *Claroideoglomus etunicatum*, *Dentiscutata heterogama*, *Funneliformis geosporum*, *Gigaspora decipiens*, *Glomus* sp1, *Glomus* sp2, *Glomus ambisporum*, *Glomus heterosporum*, *Glomus macrocarpum*, *Glomus* sp4, *Rhizoglomus fasciculatum*, *Rhizoglomus microaggregatum*, *Racocetra verrucosa* e *Scutellospora calospora*. Algumas destas espécies são comumente encontradas em outros ecossistemas como *Acaulospora scrobiculata*, *Glomus macrocarpum* e *Claroideoglomus etunicatum*, encontradas em todas as áreas por Assis *et al.* (2014) em trabalho feito em Campo de Murundus em sistemas agrícolas.

Em dois ecossistemas houve a ocorrência de 10 espécies independente das épocas de amostragem. E quatro espécies ocorreram em apenas um ecossistema independente das épocas.

Tabela 2 – Presença e ausência das espécies dos FMAs nos ecossistemas de Mata Nativa, de Pastagem e de Cerrado no município de Guajara-Mirim/RO. (+ presença; - ausência)

ESPECIES	Mata Nativa	Pastagem	Cerrado
<i>Acaulospora</i> sp1	+	+	+
<i>Acaulospora colossica</i>	-	+	+
<i>Acaulospora excavata</i>	+	+	-
<i>Acaulospora foveata</i>	+	+	+
<i>Acaulospora laevis</i>	+	-	+
<i>Acaulospora mellea</i>	+	+	+
<i>Acaulospora morrowiae</i>	-	+	+
<i>Acaulospora rehmsii</i>	+	-	-
<i>Acaulospora scrobiculata</i>	+	+	+
<i>Acaulospora spinosissima</i>	-	-	+
<i>Acaulospora tuberculata</i>	-	+	+
<i>Ambispora leptoticha</i>	-	+	+
<i>Claroideoglossum etunicatum</i>	+	+	+
<i>Dentiscutata heterogama</i>	+	+	+
<i>Entrophospora</i> sp1	-	+	+
<i>Funneliformis geosporum</i>	+	+	+
<i>Funneliformis verruculosum</i>	-	+	+
<i>Gigaspora decipiens</i>	+	+	+
<i>Gigaspora gigantea</i>	-	+	-
<i>Gigaspora margarita</i>	-	-	+
<i>Glomus</i> sp1	+	+	+
<i>Glomus</i> sp2	+	+	+
<i>Glomus ambisporum</i>	+	+	+
<i>Glomus</i> sp3	-	+	+
<i>Glomus diaphanum</i>	-	+	+
<i>Glomus heterosporum</i>	+	+	+
<i>Glomus macrocarpum</i>	+	+	+
<i>Glomus</i> sp4	+	+	+
<i>Kuklospora colombiana</i>	-	+	-
<i>Kuklospora kentinensis</i>	-	-	+
<i>Rhizoglossum fasciculatum</i>	+	+	+
<i>Rhizoglossum microaggregatum</i>	+	+	+
<i>Racocetra verrucosa</i>	+	+	+
<i>Scutellospora calospora</i>	+	+	+
<i>Scutellospora erythroga</i>	-	+	-
TOTAL	21	30	30

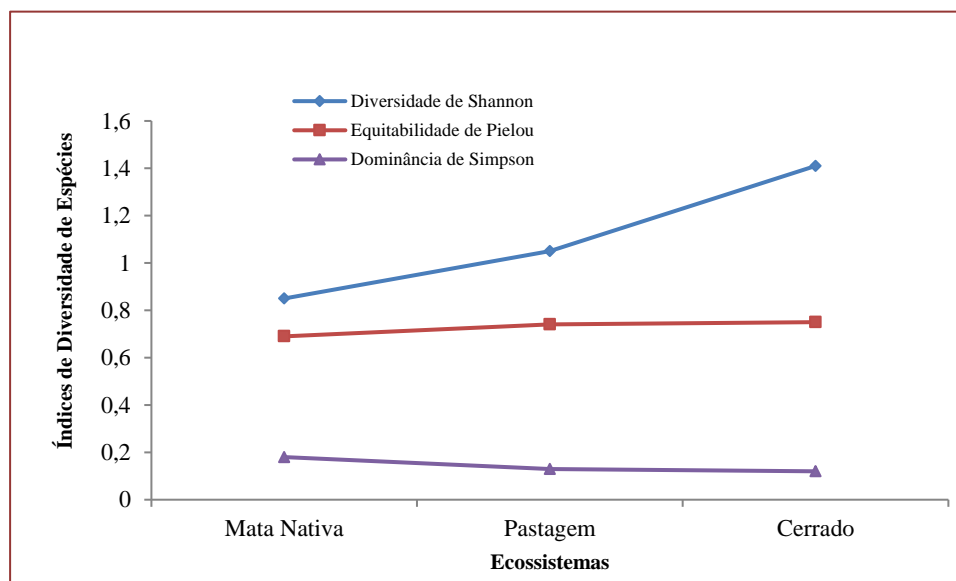
Espécies como *Acaulospora spinosissima*, *Gigaspora margarita* e *Kuklospora kentinensis* tiveram incidência apenas no ecossistema de Cerrado. As espécies *Gigaspora gigantea*, *Kuklospora colombiana* e *Scutellospora erythroga* tiveram incidência apenas no ecossistema de Pastagem. A espécie *Acaulospora rehmsii* teve incidência apenas no ecossistema de Mata Nativa.

3.5. ÍNDICES DE DIVERSIDADE DE ESPÉCIES DE FMAs

A maior diversidade de espécies segundo o índice de Shannon foi constatada nos ecossistemas de Cerrado e de Pastagem, e a mais baixa diversidade no ecossistema de Mata Nativa (Figura 5). Resultado semelhante foi encontrado em estudos feitos por Picone (2000), que constatou em área de Pastagem diversidade maior do que em ecossistema de Mata Nativa, segundo este autor muitas espécies esporulam mais abundantemente em pastagens, devido a densidade das raízes finas das gramíneas ser maior do que em ecossistemas florestais. Vilaço, Bento e Saggin-Junior (2014) constataram que uma houve uma maior diversidade de esporos na área de capoeira em regeneração quando comparada com a área de Pastagem e área de floresta.

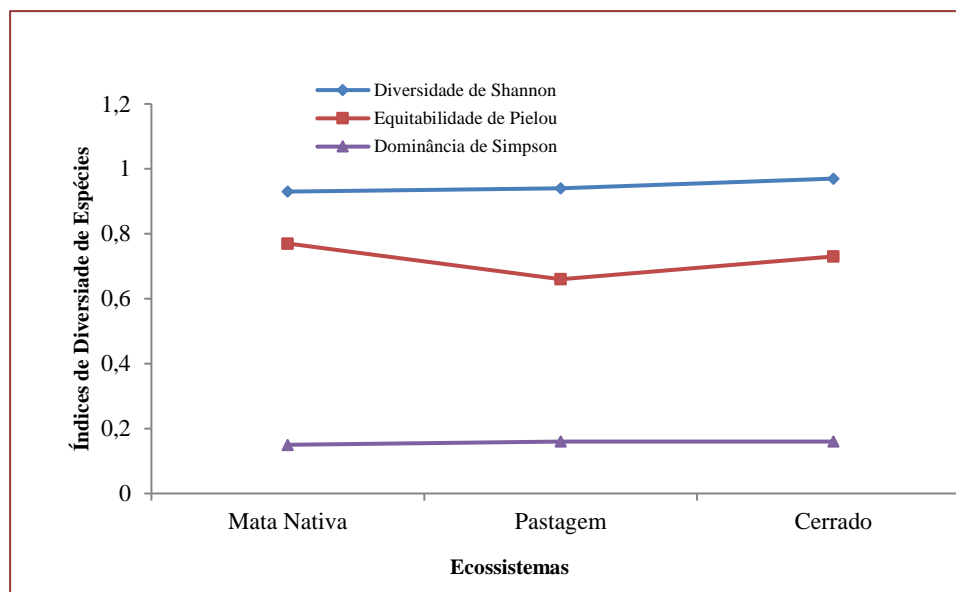
Resultado que diverge da pesquisa feita por Silva *et al.* (2015), no Rio Grande do Sul em solos de Floresta Nativa, Pastagem e plantio, estes pesquisadores constataram uma maior diversidade de Shannon em ecossistema de Mata Nativa do que em ecossistema de Pastagem. Estes pesquisadores explicam que sistemas não perturbados apresentam diversidade na comunidade de plantas, o que também possibilita uma esporulação de diferentes espécies de FMAs nessas áreas. A equitabilidade analisada pelo índice de Pielou se manteve estável nos ecossistemas de Cerrado e de Pastagem, diferente do ecossistema de Mata Nativa que se manteve baixa. Segundo o índice de dominância de Simpson houve alta dominância de alguma espécie em ecossistema de Mata Nativa, sendo detectado o *Glomus macrocarpum* com maior dominância entre as demais.

Figura 5 - Índices de diversidade de espécies de FMA calculados a partir dos esporos recuperados através da extração direta das amostras de solo coletadas em campo em setembro/2016, em ecossistemas de Mata Nativa, de Pastagem e de Cerrado, no município de Guajará-Mirim/RO



Fonte: Ana Lucy Caproni.

Figura 6 - Índices de diversidade de espécies de FMA calculados a partir dos esporos recuperados através da extração direta das amostras de solo coletadas em campo em janeiro de 2017, em ecossistemas de Mata Nativa, de Pastagem e de Cerrado, no município de Guajará-Mirim/RO



Fonte: Ana Lucy Caproni

No período chuvoso, o índice de diversidade de Shannon indicou estabilidade de espécies nos três ecossistemas (Figura 6). A equitabilidade de Pielou foi baixa em ecossistema de Pastagem e se manteve estável nos ecossistemas de Cerrado e Mata Nativa. A dominância de espécies de Simpson foi baixa nos três ecossistemas.

4. CONCLUSÕES

Para o levantamento da diversidade de espécies de FMAs são necessários de 13 a 20 amostras de solo em ecossistemas de Mata Nativa, de pastagem e de cerrado.

Em ecossistema de Mata Nativa a esporulação dos FMAs é menor que nos ecossistemas de Cerrado e de Pastagem.

Na época seca há maior incidência de esporos e de espécies de FMAs nos ecossistemas de Mata Nativa, de Pastagem e de Cerrado.

Os gêneros *Acaulospora* e *Glomus* têm grande adaptabilidade e importância em solos no município de Guajará-Mirim. *Glomus macrocarpum* tem ocorrência generalizada. *Acaulospora rehmi*, por ter ocorrido somente em mata nativa, pode ser utilizada como uma espécie indicadora de estabilidade de ecossistema natural.

REFERÊNCIAS

- [1] ABBOT, L.K.; ROBSON, A.D. Factors influencing the occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhizas. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Amsterdam, v.35, p.121-150, 1991.
- [2] ARAÚJO, F.S. **Potencial de inóculo de fungos micorrízicos arbusculares em seis sistemas de uso do solo, na região nordeste do semi-árido do Brasil**. Patos, Paraíba. 2008. 50 p. (Dissertação de

Pós- Graduação em Zootecnia). 2008.

- [3] ASSIS, P.C.R. *et al.* Fungos micorrízicos arbusculares em campos de Murundus após a conversão para sistemas agrícolas no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, p.1703-1711, 2014.
- [4] BERBARA, R.L.L.; SOUZA, F.A.; FONSECA, H.M.A. C. Fungos Micorrízicos arbusculares: Muito além da nutrição. In: FERNANDES, M.S (Ed.). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.53-88.
- [5] ROWER, J.E.; ZAR, J.H.; VON ENDE, C.N. **Field and laboratory methods for general ecology**. 3. ed. Dubuque: Wm C. Brown Publishers, 1990.
- [6] CAMARA, R. *et al.* Fungos Micorrízicos Arbusculares em Dois Fragmentos Florestais de Restinga Periodicamente Inundável em Marambaia, RJ. **Floresta e Ambiente**, v.23, n.1, p.33-42, 2016.
- [7] CAPRONI, A.L. **Fungos micorrízicos arbusculares em áreas de remanescentes da mineração de bauxita em Porto Trombetas/PA**. 2001. 205 p. Tese (Doutorado) -UFRRJ, Seropédica, RJ.
- [8] CAPRONI, A.L. *et al.* Ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares em áreas revegetadas após mineração de bauxita em Porto Trombetas, Pará. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.38, n.12, p.1409-1418, dez. 2003.
- [9] CANHOS, V.P; COUTINHO, H.L.C.; VAZOLLER, R. 1998. **Microorganismos e biodiversidade dos solos**. 1998. Disponível em : <http://www.mma.gov.br/port/sbf/pdf>. Acesso em: 7 jul. 2018.
- [10] CHIQUETE, A.A.S. **Fungal diversity in soils of eucalypt plantations**. 2011. 93 f. Tese (Doutorado em Associações micorrízicas; Bactérias lácticas e probióticos; Biologia molecular de fungos de interesse) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.
- [11] COELHO, F.C. *et al.* Caracterização e incidência de fungos micorrízicos em povoamentos de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*, nos municípios de Botucatu, São José dos Campos e São Miguel Arcanjo, São Paulo. **Revista Árvore**, Viçosa, v.21, n. 4, p.563-573, 1997.
- [12] CORDEIRO, M.A.S. *et al.* Colonização e densidade de esporos de fungos micorrízicos em dois solos de Cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.35, n.3, p.147-153, 2005.
- [13] FERREIRA, D. A.; CARNEIRO, M. A. C.; SAGGIN JUNIOR, O. J. Fungos micorrízicos arbusculares em um Latossolo Vermelho sob manejos e usos no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 1, p. 51-61, 2012.
- [14] ERNANDES, R.A. **Impacto de usos de Latossolo vermelho de Cerrado sobre a diversidade de fungos micorrízicos arbusculares**. 88 f. Dissertação (Mestrado), Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2009.
- [15] FOLLI-PEREIRA, M.S. *et al.* Micorriza arbuscular e a tolerancia das plantas ao estresse. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.1663-1679, 2012.
- [16] REITAS, W.K.; MAGALHÃES, L.M.S. Métodos e parâmetros para estudo da vegetação com ênfase no estrato arbóreo. **Floresta & Ambiente**, v.19, n.4, p-520-539, 2012. doi: 10.4322/loram.2012.054. Disponível em: <https://www.floram.org/doi/10.4322/loram.2012.054>. Acesso em: 17- jun. 2017.
- [17] GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet-sieving and decanting. **Transactions of British Mycological Society**, Cambridge, v.46, p.235-244, 1963.
- [18] GOMIDE, P.H.O. *et al.* Fungos micorrízicos arbusculares em fitofisionomias do pantanal da nhecolândia, Mato grosso do sul. Divisão 2 - processos e propriedades do solo. Biologia do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, p.1114-1127, 2014.
- [19] HIRATA, C.A.; ANDRADE-FILHO, G. Abordagem teórica das interações ambientais entre nutrição de plantas e microrganismos. **Revista Geografia** (Londrina), v.20, n.3, p.191-216, set/dez. 2011.
- [20] INVAM International Collection of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi. (Acesso 2016 e 2017).
- [21] KLIRONOMOS, J.N. *et al.* Comparison of spatial heterogeneity of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in two maple-forest soils. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v.71, p.1472-1480, 1993.

- [22] MARTINS, C.R.; MIRANDA, J.C.C.; MIRANDA, L.N. Contribuição de fungos micorrízicos arbusculares nativos no estabelecimento de *Aristida setifolia* Kintb em áreas degradadas do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.4, p.665-674, 1999.
- [23] MATOS, P.N.; **Fauna do Solo, Fungos Micorrízicos Arbusculares e Bactérias Diazotróficas em Áreas de Mineração de Bauxita no Noroeste do Pará Revegetadas com Dendê**. (2009), 58p. Seropédica – Rio de Janeiro(Dissertação - mestrado em ciência). 2009.
- [24] MELLONI, R. *et al.* Fungos micorrízicos arbusculares em solo da Reserva Biologica municipal Serra dos Toledos, Itajubá/MG. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.21, n.4, p. 799-809, out.-dez., 2011.
- [25] MIRANDA, E. M.; SILVA, E. M. R.; SAGGIN-JÚNIOR, O. J. Comunidades de fungos micorrízicos arbusculares associados ao amendoim forrageiro em pastagens consorciadas no Estado do Acre, Brasil. **Acta Amazonica**, 40: 13-22, 2010.
- [26] MIRANDA, J.C.C.; VILELA, L.; MIRANDA, L.N. Dinâmica e contribuição da micorriza arbuscular em sistemas de produção com rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, p.1005-1014, 2005.
- [27] MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e Bioquímica do solo**. 2. ed. atual. e ampl. Lavras, MG: UFLA, 2006. 729p.
- [28] NELSEN, C.E. The water relations of vesicular-arbuscular mycorrhizal systems. In: SAFIR, G.R. (ed.) **Ecophysiology of VA mycorrhizal plants**. Boca Raton, CRC Press, 1987. p.71-91.
- [29] PICONE, C. Diversity and Abundance of Arbuscular-Mycorrhizal Fungus Spores in Tropical Forest and Pasture. **Biotropica**, v.32, n.4a, p.734-750, 2000.
- [30] PIELOU, E.C., **Mathematicalecology**. 2. ed. Wiley, NY. 1977.
- [31] RAMOS, A.C.; FAÇANHA, A.R.; FEIJÓ, J.A. Ion dynamics during the polarized growth of arbuscular mycorrhizal fungi: from presymbiosis to symbiosis. In: Varma A, Hock B (Ed.) **Mycorrhiza**, v.33, p. 241-261, 2008.
- [32] SANTOS, R.S.; BARRETO, P.A.B; SCORIZA. Efeito da Sazonalidade na Comunidade de Fungos Micorrízicos Arbusculares em um Fragmento de Mata de Cipó em Vitória da Conquista, Bahia. **Revista Brasileira de Biociências**, p. 46-51, jan./mar. 2014.
- [33] CABORA, M.H. **Atividade microbiana e diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em espécies arbóreas**. 56 p. Dissertação (mestrado em Sistemas de Produção). - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. 2007.
- [34] SCHILLING, A. C.; BATISTA, J. L. F Curva de acumulação e suficiência amostral em florestas tropicais. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 31, p. 179-187, 2008.
- [35] SCHENCK, N.C.; PEREZ, Y. **Manual for identification of vesicular-arbuscularmycorrhizal fungi**. Gainesville, INVAM. 1988.
- [36] SILVA, F. de A.S. e.; AZEVEDO, C.A.V. de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **Afr. J. Agric. Res**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.
- [37] SILVA, R.F. *et al.* Influência do Uso do Solo na Ocorrência e Diversidade de FMAs em Latossolo no Sul do Brasil. 2014, **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.36, n.3, suplemento 1, p. 1851-1862, 2015.
- [38] SILVEIRA, A.P.D.; Micorrizas. In: CARDOSO, E.I.B.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. (Ed.) **Microbiologia do solo**. Campinas. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.257-282,1992.
- [39] SIQUEIRA, J.O., LAMBAIS, M. R., STUMER, S. L. Fungos micorrizicos arbusculares. Características, associação simbiótica e aplicação na agricultura. Origem e características dos fungos Glomaleanos. **Biotechnologia Ciência e Desenvolvimento**, n.25, mar./abr., 2002.
- [40] SIQUEIRA, J. O.; SOARES, C. R. F. S.; SANTOS, J. G. D.; SCHNEIDER, J.; CARNEIRO, M. A. C. Micorrizas e a degradação do solo: caracterização, efeitos e ação recuperadora. **Tópicos em ciência do solo**, v. 5, p. 219-306, 2007.
- [41] SOUZA, R.G., MAIA, L.C., SALES, M., TRUFEM, S.F.B. Diversidade e potencial de infectividade de fungos micorrizicos arbusculares em area de caatinga, na Regiao de Xingo, Estado de Alagoas, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.26, p. 49-60, 2003.

- [42] SOUZA, F.A.; SILVA, I.C.L.; BERBARA, R.L.L. Fungos micorrízicos arbusculares: muito mais diversos do que se imaginava. In: MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O.; BRUSSARD, L., eds. **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2008. p.483-536.
- [43] SOKA, G.; RITCHIE, M. Arbuscular mycorrhizal symbiosis, ecosystem processes and environmental changes in tropical soils. **Applied ecology and environmental research**, v.13, n.1, p. 229-245, Budapest, Hungary, 2015.
- [44] SUGAI, M. A.A.; **Crescimento inicial de espécies arbóreas nativas associadas a fungos micorrízicos arbusculares para recuperação de áreas degradadas**. Palmas, 2007. 102 p. (Dissertação – em Ciências do Ambiente). 2007.
- [45] VILAÇO, F.C.B.; BENTO, R.A.; SAGGIN-JÚNIOR, O.J. Levantamento dos fungos micorrízicos arbusculares em áreas degradadas terra firme do município de Iábrea, amazônia, Brasil. **Revista de educação, ciência e tecnologia do IFAM**, v.4, n. Especial – Dezembro 2013/2014.
- [46] VILELA, L.A.F. **Fungos micorrízicos arbusculares, estabilidade de agregados e atividade microbiana de um latossolo vermelho de Cerrado submetido à sucessões de cultivo**. 105f, 2012, Jataí, GO (Dissertação - mestrado em agronomia). 2012.

Capítulo 11

*Qualidade das sementes de *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. após acondicionamento em sacos de polietileno e sacos kraft em condições ambientais de laboratório*

Ana Lucy Caproni

Ronaldo de Almeida

Wanderley Rodrigues Bastos

Taise Ferreira Vargas

Marta Regina Silva Pereira

Daniel Giovani da Silva Junior

Maisa Brito

José Rodolfo Dantas de Oliveira Granha

Resumo: Este estudo teve como objetivo avaliar a viabilidade e a germinação de sementes de *O. pyramidale* após tratamentos de quebra de dormência e diferentes condições de armazenamento. As sementes foram extraídas de frutos coletados e secados ao ar livre, acondicionadas em sacos de papel kraft e de polietileno, e armazenadas por 4 e 6 meses em condições de laboratório. Foram aplicados tratamentos com água a 80°C por 8 e 15 minutos, seguidos de choque térmico com água à temperatura ambiente, e as sementes foram pré-condicionadas em água por 24 horas antes da avaliação de viabilidade com sal de tetrazólio. O experimento incluiu três repetições de 50 sementes em substrato de areia e de terra orgânica, em um delineamento inteiramente casualizado (DIC). Os resultados indicaram maior viabilidade das sementes armazenadas em sacos kraft após o tratamento térmico em comparação com aquelas em sacos de polietileno. O tratamento de quebra de dormência foi eficaz em aumentar a velocidade de emergência das plântulas.

Palavras-chave: viveiro, sal de tetrazólio, germinação, índice de velocidade de emergência.

1. INTRODUÇÃO

O pau-de-balsa, também conhecida como pau-de-jangada, pata-de-lebre e balsa, pertence à família Malvaceae (Leão; Freitas; Carrera, 2008). De acordo com esses autores, a espécie é amplamente distribuída na região neotropical, incluindo as Antilhas, pode ser encontrada desde o sul do México até a Bolívia e na Amazônia Brasileira. O pau-de-balsa desenvolve-se relativamente bem em solos arenosos com fina camada orgânica, como nas margens inundáveis de rios e igapós, no entanto prefere solos férteis, úmidos, bem drenados, argilosos, com pH neutro ou alcalino. As sementes desta espécie apresentam dormência física, o que impede sua germinação mesmo quando estão presentes condições favoráveis (Fang *et al.*, 2016; Jiménez *et al.*, 2017 citados por Toledo-González *et al.*, 2018). Mas, as sementes podem ser armazenadas com um teor de umidade de até 5%.

A pluma que reveste as sementes do pau-de-balsa é utilizada na fabricação de almofadas, travesseiros, salva-vidas e flutuadores. As folhas são empregadas na produção de fitoterápicos (Weirich, 2008 citado por Evaristo *et al.*, 2020) e apresentam potencial para a amalgamação do ouro, demonstrando ser eficazes na clarificação e separação do ouro dos outros materiais em áreas onde as dimensões das partículas do ouro tem dimensões relativamente maiores e em áreas onde eram de dimensões muito menores (Castigo; Nobre; Welengane, 2021).

Poucos estudos têm abordado a germinação das sementes e a produção de mudas de *O. pyramidale*. Considerando que esta é uma espécie pioneira, com características favoráveis para a recuperação de áreas degradadas, possui crescimento rápido e produção abundante de folhas que podem ser utilizadas em processos de extração de ouro, é importante ampliar as pesquisas sobre suas sementes, especialmente nas regiões da Amazônia Brasileira.

A avaliação da qualidade de lotes de sementes de *O. pyramidale* provenientes de ecossistemas florestais amazônicos é crucial para garantir o sucesso na produção de mudas com boa qualidade fisiológica. A análise de viabilidade das sementes em condições de laboratório, por meio de testes rápidos, e em casa de vegetação, utilizando substratos e recipientes de baixo custo, são métodos eficazes para a qualidade das mudas sob condições naturais. Essas práticas proporcionam informações valiosas aos produtores rurais, permitindo o manuseio econômico das sementes e a produção de mudas com excelente qualidade fisiológica.

Este estudo partiu da hipótese de que o teste de tetrazólio é eficaz para avaliar a viabilidade das sementes de *Ochroma pyramidale* e pode ser comparado aos testes de viabilidade realizados em substratos de areia e terra orgânica. O objetivo foi aplicar testes de tetrazólio e de germinação em sementes de *O. pyramidale* em condições de viveiro, após 4 e 6 meses de armazenamento em sacos de papel kraft e plástico, sob condições ambientais de laboratório.

2. METODOLOGIA

As sementes de *O. pyramidale* utilizadas nos testes foram coletadas no município de Guajará-Mirim, Rondônia. Devido à escassez de plantas dessa espécie na região, o lote de sementes foi obtido de duas árvores separadas por uma distância de aproximadamente 500 metros. Após a extração, as sementes foram submersas em água, sendo selecionadas aquelas que afundaram para a realização dos experimentos. Os frutos foram secos ao ar

livre, e as sementes extraídas foram armazenadas em sacos de papel kraft e de polietileno, mantidas em condições ambientais no laboratório de biologia e química do campus da UNIR em Guajará-Mirim por 4 meses (dezembro de 2023) e 6 meses (fevereiro de 2024), com temperaturas variando de 16 a 33,5°C.

3. TESTE DE TETRAZÓLIO

Antes de iniciar os testes com o sal de tetrazólio (Cloreto 2,3,5 Trifenil Tetrazólio) na concentração de 1%, as sementes foram tratadas com água a 80°C por 8 e por 15 minutos seguidos de choque térmico com água à temperatura ambiente. Após o choque térmico, as sementes foram pré-condicionadas, submersas em água e armazenadas por 24 horas (Ríos-García et al., 2016) e preparadas e coradas em sal de tetrazólio para a verificação da viabilidade através dos resultados de coloração dos cotilédones e embriões, conforme Quintana et al. (2023) e modificações. O experimento foi montado com três repetições de 50 sementes e deixadas no escuro à temperatura ambiente. Após o período de 24 horas as sementes foram lavadas três vezes com água destilada para remover o excesso do corante. Metade de cada semente foi descartada para permitir que o embrião e as partes essenciais ficassem totalmente expostas, permitindo assim a observação da reação das sementes com relação às mudanças de cor.

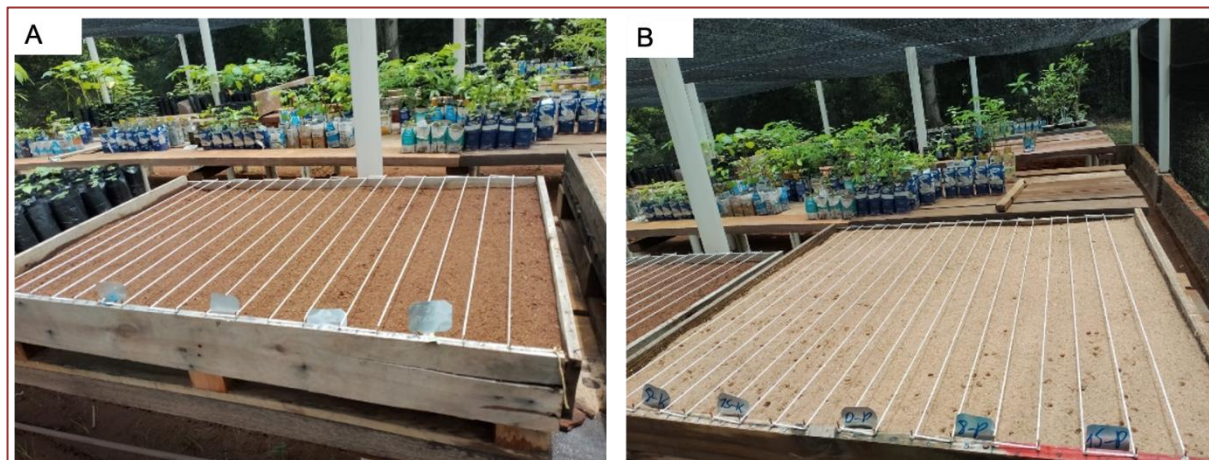
A interpretação dos padrões topológicos foi realizada quantificando-se sementes viáveis, duras e mortas com o auxílio de um microscópio estereoscópio para melhorar a visualização das estruturas internas. As sementes totalmente coradas foram consideradas viáveis, as sementes totalmente livres de coloração foram consideradas como sementes mortas e parcialmente coradas podendo ser viáveis, dependendo da intensidade e do padrão de coloração, as outras sementes mortas e as sementes que estavam duras também foram contadas neste experimento. A porcentagem da viabilidade foi determinada com base no número total de sementes viáveis.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade com a utilização do software SISVAR (Ferreira, 2011).

4. TESTE DE VIVEIRO

Foi realizado um teste de emergência de plântulas de *O. pyramidale* e de germinação das sementes em condições de viveiro, sob sombrite de 50%. O experimento contou com duas sementeiras: uma com substrato de terra orgânica, proveniente da mata nativa do campus da UNIR em Guajará-Mirim, e outra com substrato de areia de rio (Figuras 1a e 1b). As sementes foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial, com três repetições de 50 sementes cada. Os testes nas sementeiras contendo terra orgânica e areia lavada foram iniciados após 4 e 6 meses de armazenamento das sementes em sacos de polietileno e de papel kraft, mantidas em condições laboratoriais sobre balcão de granito, com temperatura variando de 16 a 33,5°C.

Figura 1 – Sementeiras utilizadas para a avaliação da porcentagem de germinação das sementes e índice de velocidade de emergência (IVE) das plântulas de *O. pyramidale*, a: terra orgânica e b: areia lavada de rio. A. Substrato de terra orgânica e B. Substrato de areia lavada



OBS: sementeiras montadas para avaliação da germinação das sementes de *O. pyramidale* no viveiro localizado no *campus* de Guajará-Mirim da Universidade Federal de Rondônia, construído com os recursos da FAPERO.

Após o semeio, as sementes germinadas foram contadas diariamente até cessar a emergência de plântulas nos substratos, com irrigação realizada duas vezes ao dia. Foram calculadas a porcentagem de germinação e o Índice de Velocidade de Emergência (IVE) utilizando a fórmula: $IVE = N1/D1 + N2/D2 + ... + Nn/Dn$, onde N representa o número de plântulas emergidas no dia da contagem e D o número de dias após a semeadura em que a contagem foi realizada (Maguire, 1962). As plântulas foram consideradas emergidas ao apresentarem o primeiro par de folhas cotiledonares.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software SISVAR (Ferreira, 2011).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. TESTE DE TETRAZÓLIO

Após os tratamentos das sementes de *O. pyramidale* com o sal de tetrazólio a 1% realizaram-se as observações e contagens das sementes viáveis, duras e mortas.

As sementes quando armazenadas por quatro meses em sacos kraft apresentaram porcentagem de sementes viáveis significativamente superiores ($p \leq 0,05$) àquelas armazenadas em sacos de polietileno, enquanto que aos seis meses não houveram diferenças significativas na viabilidade das sementes entre os recipientes de armazenamento (Tabela 1). Embora observou-se uma menor viabilidade das sementes armazenadas aos seis meses nos sacos kraft, provavelmente, devido a troca de umidade com o meio neste recipiente devido às variações bruscas de temperatura e umidade no ambiente, enquanto que nos sacos de polietileno a umidade se manteve estável nas sementes. Após a coleta, as sementes foram secadas à sombra, beneficiadas manualmente, embaladas e armazenadas em condições de laboratório. As sementes ficaram expostas às

variações da temperatura entre 16° e 33,5°C. Estas variações de temperatura, no ambiente de laboratório, podem ter induzido as sementes à algum mecanismo de adaptação às novas condições de armazenamento, levando a aumentos e reduções na viabilidade (Scalon *et al.*, 2006); estes pesquisadores concluíram que sementes de *O. pyramidale* armazenadas em sacos kraft tem redução do vigor ao longo do tempo, podendo também refletir na perda da viabilidade. Pinto; Inoue e Nogueira (2004) afirmaram que as melhores condições de armazenamento para manter a viabilidade das sementes desta espécie até 400 dias é em sacos kraft. A utilização de embalagens adequadas permite a conservação da qualidade das sementes, propiciando ou não, trocas de vapor d'água com o ar atmosférico (Toledo; Marcos Filho, 1977), motivo esse, que pode ter levado as sementes armazenadas por seis meses em sacos kraft (Tabela 1) a uma diminuição na viabilidade detectada pelo teste de tetrazólio a 1%, devido às mudanças de temperatura no ambiente do laboratório.

A porcentagem média de sementes viáveis, quando recebeu o tratamento de exposição em água a 80°C por 8 minutos depois de armazenadas em sacos kraft foi significativamente superior às sementes armazenadas em sacos de polietileno (Tabela 1). Varela e Ferraz (1991) obtiveram germinação de 82%, com sementes tratadas com água quente a 80°C por 20 minutos, depois de armazenadas em sacos de plástico por 2 meses. Os resultados de nosso trabalho demonstraram que o tempo de imersão das sementes na água a 80°C por 15 minutos não foi suficiente para a quebra da dormência e nem trouxe danos aos tegumentos, pois o sal de tetrazólio demonstrou que as sementes armazenadas aos 4 e aos 6 meses produziram um alto número de sementes duras (Tabela 3). Consequentemente, não houve rompimento da camada impermeável à entrada de água nas sementes para promover a germinação.

Tabela 1 – Influência do tempo na quebra de dormência na porcentagem média de sementes viáveis de *O. pyramidale* armazenadas em sacos de polietileno e de kraft durante 4 meses (dez/2023) e 6 meses (fev/2024) em condições de laboratório, após tratamentos de quebra de dormência e choque térmico por imersão em água a temperatura ambiente

Tipos de recipientes	4 meses de armazenamento (%)	6 meses de armazenamento (%)	Sem quebra (%)	8 minutos (%)	15 minutos (%)
Sacos de polietileno	9,56 b	14,00 a	4,66 a	10,66 b	20,00 a
Sacos kraft	20,44 a	11,56 a	6,00 a	26,00 a	16,00 a

As médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 5\%$).

O tratamento das sementes de *O. pyramidale* em sal de tetrazólio indicou que as sementes armazenadas por quatro meses, quando foi submetida ao teste de quebra de dormência em água quente por 8 minutos seguida de choque térmico, teve influência significativamente superior na viabilidade em relação àquelas armazenadas por seis meses (Tabela 2). As sementes coletadas no município de Guajará-Mirim apresentaram baixa viabilidade, apresentando no máximo 24% de sementes viáveis após 4 meses de armazenamento e com imersão em água a 80°C por 8 minutos. Estes dados não estão de acordo com o estudo de Ríos-García *et al.* (2016) que avaliando a viabilidade das sementes até 12 meses de armazenamento encontraram resultados de 97,3% e 66% respectivamente aos zero e aos 12 meses.

Tabela 2 – Influência do tempo de armazenamento das sementes de *O. pyramidale* na porcentagem média das sementes viáveis quanto ao tempo de quebra de dormência, armazenadas em sacos de polietileno e kraft durante 4 meses (dez/2023) e 6 meses (fev/2024) em condições de laboratório, após tratamentos de quebra de dormência seguido de choque térmico por imersão em água a temperatura ambiente

Tempo de armazenamento	Sem quebra (%)	8 minutos (%)	15 minutos (%)
4 meses (dez/2023)	5,66 a	24,00 a	15,34 a
6 meses (Fev/2024)	5,00 a	12,66 b	20,66 a

As médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 5\%$).

A porcentagem de sementes duras foi maior que o número de sementes mortas quando não houve quebra de dormência e não houve diferença significativa entre os tempos de armazenamento aos 4 e 6 meses (Tabela 3). O teste de tetrazólio mostrou também que o número de sementes mortas foi significativamente superior com o armazenamento aos 6 meses com o tratamento de quebra de dormência com a exposição a 8 minutos em água quente seguida de choque térmico, indicando que os tratamentos com choque térmico nas sementes mais novas são mais eficientes que nas sementes armazenadas por mais tempo. A medida em que o tempo de armazenamento das sementes aumenta, há perda de viabilidade e germinação das sementes de *O. pyramidale*, fato este confirmado por Ríos-García *et al.* (2016).

Tabela 3 – Influência do tempo de armazenamento das sementes de *O. pyramidale* na porcentagem média de sementes duras e mortas quanto ao tempo de quebra de dormência, armazenadas em sacos de polietileno e kraft durante 4 meses (dez/2023) e 6 meses (fev/2024) em condições após tratamentos de quebra de dormência e choque térmico por imersão em água a temperatura ambiente

Tempo de armazenamento	Sementes duras	Sementes mortas	Sementes duras	Sementes mortas	Sementes duras	Sementes mortas
	Sem quebra		8 minutos		15 minutos	
4 meses	84,34 a	7,00 a	26,00 b	50,34 a	56,34 a	26,66 a
6 meses	88,66 a	6,66 a	80,66 a	6,66 b	67,66 a	12,00 a

As médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 5\%$).

O ambiente do laboratório de biologia e química do *campus* da UNIR de Guajará-Mirim apresentou uma flutuação de temperatura entre 16° e 33,5°C, o que pode ter afetado as condições fisiológicas das sementes armazenadas nos sacos de polietileno, não permitindo trocas gasosas entre a semente e o ambiente. Pinto; Inoue e Noqueira (2004) quando testaram sementes de *O. pyramidale* acondicionando-as em sacos de papel tipo kraft e sacos plásticos (0,10 mm) armazenados por 120, 240 e 400 dias, observaram que as melhores condições de armazenamento para manter a viabilidade das sementes por até 400 dias foram: sacos de papel (76,5% de germinação) e sacos plásticos (65,5% de germinação) em câmara seca, e sacos plásticos em condições de laboratório (63,5% de germinação).

5.2. TESTE DE GERMINAÇÃO EM CONDIÇÕES DE CASA DE VEGETAÇÃO

5.2.1. PORCENTAGEM DE GERMINAÇÃO DAS SEMENTES E ÍNDICE DE VELOCIDADE DE EMERGÊNCIA DAS PLÂNTULAS

O início da germinação das sementes se deu aos 9 dias após a implantação do experimento, o que aproxima dos dados encontrados por Ríos-García *et al.* (2016), em que os processos de germinação se iniciaram aos 8 dias, e discorda dos dados encontrados por Ríos-Geovo *et al.* (2021), em que o início da germinação ocorreu aos 4 dias após a implantação do experimento em condições de viveiro. Observa-se na Tabela 4, que a porcentagem de germinação das sementes de *O. Pyramidale* após 6 meses de armazenamento foi maior que aos 4 meses, resultando no mesmo valor tanto na areia quanto na terra orgânica. Os mesmos valores de germinação nos dois substratos podem ter sido a causa de uma situação favorável às condições necessárias de temperatura, umidade e luz necessários para promover os processos de germinação, conforme afirmam Romero *et al.* (2017). Estes mesmos autores afirmaram que as sementes de cada espécie germinam em um determinado momento, em geral, as condições extremas de frio ou de calor não favorecem a germinação, deve se considerar que as sementes de algumas espécies precisam de um certo tempo de exposição à luz para iniciar a germinação. Sem o tratamento de quebra de dormência das sementes de *O. pyramidale* houve maior porcentagem de germinação e IVE quando as sementes foram armazenadas por 6 meses (Tabela 4). Apesar dos valores da porcentagem de germinação terem sido baixos, os resultados deste trabalho demonstraram que a dormência das sementes de *O. pyramidale* vai diminuindo com o tempo de armazenamento.

Tabela 4 – Interferência do tempo de armazenamento das sementes e nos tempos de quebra de dormência de *O. pyramidale*, acondicionadas e sacos plástico e em sacos kraft por 4 e 6 meses em condições de laboratório, na porcentagem de germinação e no índice de velocidade de emergência

Porcentagem de germinação (%)					
Tempo de armazenamento	Substrato areia (%)	Substrato terra orgânica (%)	Sem quebra (%)	8 minutos (%)	15 minutos (%)
4 meses	14,44 b	14,78 b	11,50 b	14,67 a	17,67 a
6 meses	19,67 a	19,11 a	21,67 a	16,33 a	20,17 a
Índice de velocidade de germinação					
4 meses	6,18 a	5,94 a	4,56 b	5,80 a	6,89 a
6 meses	6,63 a	6,74 a	7,36 a	6,16 a	7,46 a

A porcentagem de germinação das sementes desta espécie não apresentou diferenças significativas entre os tempos de armazenamento para os tratamentos de quebra de dormência e os valores ficaram abaixo de 22% (Tabela 4). Santos *et al.* (2016) expondo as sementes de *O. pyramidale* em água na temperatura de 80°C por 15, 20 ou 25 minutos, observaram que os tratamentos com choque térmico se mostraram eficazes em tornar o tegumento das sementes permeável à absorção de água, o que veio a facilitar a germinação das mesmas, apresentando valores superiores a 95% de emergência em todos os períodos de imersão testados. A utilização de água aquecida visa promover o amolecimento dos tecidos e acelerar as reações fisiológicas do tegumento das sementes, favorecendo a

absorção de água, trocas gasosas e a germinação, segundo Martins *et al.* (1997), citados por Santos *et al.* (2016).

Neste trabalho o IVE foi maior quando não utilizou testes de quebra de dormência com as sementes armazenadas aos 6 meses (Tabela 4). Segundo Santos *et al.* (2016), a utilização de técnicas de superação de dormência que proporcionem um aumento no IVE, bem como no número plântulas emergidas, são importantes para garantir maior homogeneidade na produção de mudas de espécies florestais. Segundo os mesmos autores, a utilização de técnicas de imersão em água quente seguida de choque térmico além de ser de baixo custo, não emprega grau elevado de dificuldade para o produtor utilizar em sua propriedade, demonstrando ser um método cujos resultados são plenamente satisfatórios.

Os tipos de recipientes utilizados para o armazenamento das sementes de *O. pyramidale* não influenciaram na porcentagem de germinação na areia ou na terra orgânica (Tabela 5). Porém, o IVE foi significativamente superior no substrato de terra orgânica quando as sementes foram armazenadas em sacos plástico. O substrato de areia é considerado satisfatório para germinação de sementes de algumas espécies florestais sendo considerado como bom substrato para germinação de sementes de *Clitoria fairchildiana* uma espécie da família Fabaceae (Silva; Cesarino, 2014).

Tabela 5 – Influência dos tipos de recipientes utilizados para o armazenamento das sementes de *O. pyramidale* aos 4 e 6 meses, na germinação das sementes (%) e no índice de velocidade de emergência das plântulas (IVE) em substratos de areia e terra orgânica

Germinação (%)		
Tipo de recipiente	Substrato areia (%)	Substrato terra orgânica (%)
Saco plástico	17,33 a	18,33 a
Saco kraft	16,78 a	15,56 a
Índice de Velocidade de Emergência (IVE)		
Tipo de recipiente	Substrato areia (%)	Substrato terra orgânica (%)
Saco plástico	6,14 a	7,34 a
Saco kraft	6,67 a	5,34 b

A porcentagem de germinação não foi influenciada pelos tratamentos de quebra de dormência das sementes nos substratos de areia e de terra orgânica (Tabela 6). Os resultados da porcentagem de germinação da testemunha (sem tratamento) não diferiram significativamente ($p \leq 0,05$) dos resultados das sementes que foram submetidas aos testes de quebra de dormência. Já o IVE foi significativamente superior no tempo de quebra de dormência de 15 minutos no substrato de areia. Os resultados da porcentagem de germinação das sementes de *O. pyramidale* não ultrapassou de 21% nos substratos de areia e terra orgânica, com a utilização de testes de quebra de dormência. Herrera e Alizage (1999) obtiveram resultados bem superiores aos deste trabalho, com 68% de germinação com água a 80°C por apenas 3 minutos. Segundo Rios-Geovo (2021), os resultados de seus trabalhos com sementes de *O. pyramidale*, na porcentagem de germinação, foram altos no tratamento com água a 80°C, afirmando que os tratamentos com água quente contribuíram para o aumento da germinação e do IVE. Em experimentos de outros pesquisadores as sementes desta espécie apresentaram germinação acima de 60% quando tratadas com água quente seguido de choque térmico (Leão *et al.*, 2008). Enquanto que neste experimento os valores das sementes germinadas não foram maiores que 22%, os quais são comparados com os resultados de Netto (1994) citados por Pinto; Inoue e Nogueira (2024) que para as sementes de *O. pyramidale* em substrato de

vermiculita, chegou a 11%. Este pesquisador concluiu que os resultados dos diferentes tratamentos utilizados demonstram que os fatores que modificam a permeabilidade do tegumento são determinantes para estimular a germinação das sementes.

Mendes *et al.* (2010) indicam o substrato de areia para a germinação das sementes de *O. pyramidale*, baseado em seus resultados de pesquisa a areia e a vermiculita não apresentam diferenças significativas na germinação das sementes, porém o substrato de areia apresenta maior IVE de plântulas.

Tabela 6 – Interferência da quebra de dormência das sementes de *O. pyramidale* na porcentagem de germinação e no IVE em areia e terra orgânica

Germinação		
Tempo de quebra de dormência	Substrato areia (%)	Substrato terra orgânica (%)
Sem quebra de dormência	16,17 a	17,00 a
8 minutos	14,50 a	16,50 a
15 minutos	20,50 a	17,33 a
Índice de Velocidade de Emergência (IVE)		
Tempo de quebra de dormência	Substrato areia (%)	Substrato terra orgânica (%)
Sem quebra de dormência	5,60 b	6,32 a
8 minutos	5,53 b	6,44 a
15 minutos	8,09 a	6,26 a

Através do teste de tetrazólio a 1% observou-se que o lote de sementes coletados no município de Guajará-Mirim apresentaram baixa viabilidade com o número de sementes viáveis variando de 4,66 a 26,00%, com alta porcentagem de sementes duras. A porcentagem de germinação das sementes em condições de viveiro também foi baixa não ultrapassando valores de 21,67%. Quintana et al. (2023) comparando os resultados da interpretação dos padrões topológicos de tetrazólio a 1% observados nas sementes de *O. pyramidale* com os resultados da emergência das plântulas em condições de viveiro, observaram que o estado físico e a qualidade fisiológica das sementes forneceram informações relevantes para predizer as condições das sementes na emergência das plântulas no viveiro.

6. CONCLUSÕES

Os testes de germinação das sementes de *O. pyramidale* em condições de viveiro, produziram informações relevantes com indicação para a qualidade das sementes desta espécie, os quais podem ser comparados aos testes de tetrazólio a 1%.

Os resultados da porcentagem de germinação e do IVE em areia são semelhantes aos resultados em terra orgânica, demonstrando que estes substratos podem ser usados na sementeira para a produção de plântulas e sucessivas repicagens para o recipiente definitivo, quando o potencial de germinação do lote das sementes for desconhecido.

Para o manuseio das sementes desta espécie a um baixo custo e acessível aos produtores rurais, pode-se afirmar que a experimentação em casa de vegetação evidenciou que os tratamentos de quebra de dormência com a utilização de água quente (80°C por 8 ou 15 minutos) seguido de choque térmico com água à temperatura ambiente podem ser uma boa opção para a produção de mudas.

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Rondônia (FAPERO, Processo No. 0012.067570/2022-64)

REFERÊNCIAS

- [1] CASTIGO, P.; NOBRE, C.; WELENGANE, E. Avaliação da eficácia da aplicação das folhas da *Ochroma pyramidale* na concentração gravítica do ouro na sub-bacia do Alto Revuê. **Research, Society and Development**, v.10, n.16, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/23211>. Acesso em: 7 jul. 2024.
- [2] EVARISTO *et al.* Crescimento inicial e qualidade de mudas de pau-de-balsa submetidas à deficiência nutricional, **Revista Agrarian**, v.13, n.48, p.151-159, Dourados, 2020.
- [3] FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.
- [4] HERRERA, J.; ALIZAGE, R. Ruptura de la latência em semilla de balsa (*Ochroma pyramidale*). **Tecnologia em Marcha**, v.13, n.2, 1999. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7429969>, Acesso em: 5 mar. 2024.
- [5] LEÃO, N. V. M.; FREITAS, A. D. D.; CARRERA, R. H. A. Pau-de-balsa: *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lamb.) Urban. Manaus: INPA, 2008. 2 p. (Informativo técnico Rede de Sementes da Amazônia, 19).
- [6] MAGUIRE, J.D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, p.176-177, 1962.
- [7] MENDES, M. L. *et al.*, Influência do substrato e do nível de umidade sobre a germinação de sementes de pau-de-balsa, **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 4, p.155-160, out.-dez., 2010.
- [8] PINTO, A.M.; INOUE, M.T.; NOGUEIRA, A.C. Conservação e vigor de sementes de pau-de-balsa (*Ochroma pyramidale*). **Acta Amazonica**, v.34, n.2, p.233-236, 2004. Disponível em: <https://acta.inpa.gov.br/>. Acesso em: 13 jun. 2024.
- [9] QUINTANA, Y. G. *et al.* Seed viability, germination and seedling quality patterns of three forest species for restoration in Amazonian conditions. **Enfoque UTE**, v.14, n.1, p.18-32, 2023.
- [10] RÍOS-GEOVO, V. *et al.* Methods of chemical scarification and their effects on the germination of seeds of *Ochroma Pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb, **Revista de investigación agraria y ambiental**. v.12, n.1, 2020.
- [11] RÍOS-GARCÍA, C.A. *et al.* Viabilidad y germinación de semillas de Jopi (*Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb.) (Malvaceae). **Lacandonia**, v.10, n. 2, p.7-11, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/313746805_Viabilidad_y_germinacion_de_semillas_de_Jopi_Ochroma_pyramidale_Cav_ex_Lam_Urb_Malvaceae. Acesso em: 16 jun. 2024.
- [12] ROMERO, E.J. *et al.* Germination and growth of *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb.in Ecuador, **Scientia Agropecuaria**. v. 8, n. 3, p 243 – 250, 2017.
- [13] SANTOS, D.G. de J. *et al.* Superação de dormência em sementes de pau de balsa (*Ochroma pyramidale*). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.11, n.3, p.18-22, 2016.
- [14] SCALON, S.P.Q. Armazenamento e tratamentos pré-germinativos em sementes de jacarandá (*Jacaranda cuspidifolia* Mart.). **RevistaÁrvore**, Viçosa, v.30, n.2, 2006.
- [15] SILVA, B.M.; CESARINO, F. Germinação de sementes e emergência de plântulas de faveira (*Clitoria fairchildiana* R. A. Howard. - FABACEAE). **Biota Amazonia**, Macapá, v.4, n.2, p.9-14, 2014.
- [16] TOLEDO, F.F.; MARCOS FILHO, J. 1977. **Manual de sementes: tecnologia da produção.**, São Paulo: Agronômica Ceres, pag. 224
- [17] TOLEDO-GONZÁLES, K.A. *et al.* Germination of two varieties of *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. from the Lacandon Jungle, Chiapas. **Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente**, v.25, n.11, p.85-94, 2018
- [18] VARELA, V.P.; FERRAZ, I.D.K. Germinação de sementes de pau-de-balsa. **Revista de pesquisa agropecuária brasileira**, v.26, n.10, p.1685-1689, 1991. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/3512>. Acesso em: 05 maio 2024.

Capítulo 12

Catálogo de estratégias bioclimáticas para o Nordeste brasileiro: sombreamento e ventilação natural

Ian Coelho Vieira

Juliana Costa Moraes

Resumo: Impulsionados pelo desejo de colaborar didaticamente em disciplinas iniciais de projeto, a experiência aqui relatada se trata de um exercício desenvolvido na disciplina Estágio Supervisionado I, do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFPB, na qual o aluno e o orientador podem escolher livremente um tema para aprofundar seus estudos. A partir da constatação de escassez de literatura específica associada à falta de repertório de soluções bioclimáticas aplicadas em projeto para alunos de disciplinas iniciais, entendeu-se que seria importante catalogar, de modo claro, atrativo e organizado, informações sobre estratégias bioclimáticas de sombreamento e de ventilação natural para o clima quente das capitais nordestinas. O objetivo deste artigo é apresentar a elaboração do “Catálogo de estratégias bioclimáticas para o Nordeste brasileiro: ênfase para as soluções de sombreamento e ventilação natural”, o qual foi idealizado para estudantes iniciais de projeto de arquitetura, com vistas a contribuir para o desenvolvimento de soluções sustentáveis e eficientes para este contexto climático específico. Metodologicamente, as etapas realizadas foram: a estruturação da problemática, a decisão do recorte geográfico/climático, a escolha das estratégias bioclimáticas a serem apresentadas, a seleção dos projetos correlatos e a diagramação do catálogo. A consolidação do catálogo busca, por meio de diagramas esquemáticos e referenciamento direto das estratégias abordadas em projetos já construídos, a fácil compreensão das estratégias bioclimáticas de ventilação e sombreamento abordadas e suas respectivas aplicações. O produto originado se encontra em estado de finalização para uso por parte de docentes e discentes nas disciplinas iniciais de projeto de Arquitetura e Urbanismo, objetivando disseminar esse conhecimento e reforçando a importância de não somente conhecer essas estratégias de sombreamento e de ventilação, como também aplicar nos projetos situados nas capitais do nordeste brasileiro.

Palavras-chave: estratégias bioclimáticas, sombreamento, ventilação natural.

1. INTRODUÇÃO

A partir de uma breve análise da arquitetura contemporânea que vem sendo executada no Brasil e, especificamente, no Nordeste brasileiro, é possível notar que alguns dos aspectos relevantes para a boa arquitetura de climas quentes, como é o caso das capitais nordestinas, não vêm sendo devidamente resolvidos em projeto. A recorrente incompreensão, uso inadequado ou mesmo o não uso de estratégias projetuais com intuito de adequação bioclimática é tema de grande relevância, quando se diz respeito à discussão sobre a construção dos espaços, principalmente quando já se tem conhecimento de tecnologias de baixo custo e simples execução que contornam os problemas em questão.

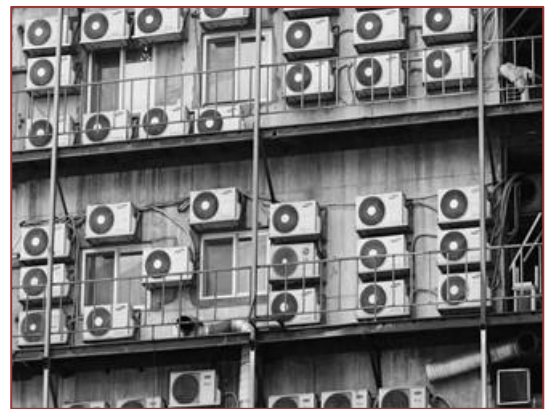
Grandes esquadrias envidraçadas expostas ao calor e chuvas, volumes puros e desprovidos de qualquer dispositivo de proteção (Figura 1), uso excessivo de condicionamento artificial, mesmo em ambientes com orientações favoráveis à ventilação natural (Figura 2), padronização do uso de esquadrias industrializadas (que nem sempre permitem área efetiva de passagem de ar eficiente para renovação do ar), são algumas das situações que presenciamos cotidianamente, o que gera certa inquietação acerca do porquê de se insistir nessas soluções inadequadas ao clima.

Figura 1: MAPP, Oscar Niemeyer, Campina Grande, Brasil, 2015



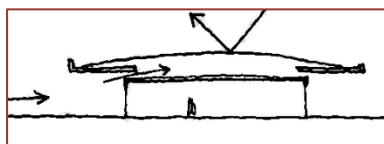
Fonte: <https://revistaprojeto.com.br/>

Figura 2: Edifício com janelas desprotegidas e climatizadores de ambiente em excesso

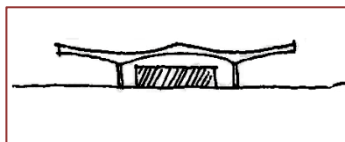


Fonte: <https://www.funverde.org.br/>

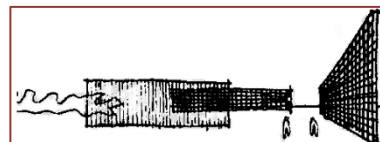
Se, por um lado, aprendemos tão cedo com o legado de Armando de Holanda, que nos deixa, há quase 50 anos atrás, um “Roteiro para construir no Nordeste: arquitetura como um lugar ameno nos trópicos ensolarados” (HOLANDA, 1976), fonte bibliográfica ainda atual e muito relevante, a qual recorreremos pela sua objetividade e singeleza (Figura 3, 4 e 5 ilustram algumas das lições que se relacionam com sombreamento e com ventilação natural), por outro a produção didática desta natureza, voltada aos estudantes de arquitetura, sobretudo de períodos iniciais de projeto, e, com o enfoque bioclimático, não encontrou muito avanço desde então. Assim, faz-se necessário adicionar novos olhares e esforços neste sentido.

Figura 3: "Criar uma sombra"

Fonte: HOLANDA, 1976.

Figura 4: "Recuar as paredes"

Fonte: HOLANDA, 1976.

Figura 5: "Vazar os muros"

Fonte: HOLANDA, 1976.

Outra questão a ser colocada é que, apesar de estarmos num momento no qual há crescente inserção de ferramentas digitais no processo de projeto, que agora inclui diversos tipos de simulações, inclusive termo-energéticas, antecipando ao projetista “possíveis respostas” do comportamento térmico do edifício mediante determinado contexto climático, por outro nos deparamos de modo recorrente com implantações descuidadas de ambientes de longa permanência, aberturas desprotegidas e sem relação com melhor posicionamento perante o vento, especificação de materiais desconectados do contexto construtivo, fazendo-nos pensar para que serviram as simulações ou se foram interpretadas corretamente.

Portanto, sabendo que, para o clima quente do Nordeste brasileiro, sobretudo capitais situadas no litoral, as quais pertencem a zona bioclimática 8, as soluções de sombreamento e ventilação natural são apontadas como as prioritárias (ABNT NBR 15220-3), elaborou-se este catálogo, com o objetivo de compilar e compor banco de dados de algumas estratégias projetuais de baixo custo a elas relacionadas. Esse, de maneira simples, visa demonstrá-las e explicar suas respectivas características, funcionamentos e possíveis aplicações, colaborando, assim, para ampliar o repertório projetual de alunos iniciantes de arquitetura que atuam ou atuarão em climas similares ao do Nordeste brasileiro, colaborando assim para o desenvolvimento de soluções sustentáveis e eficientes neste contexto climático específico.

Partindo de uma disposição objetiva, o catálogo busca, através de croquis esquemáticos, de breves textos explicativos e da apresentação de projetos correlatos, expor ao leitor algumas das possíveis estratégias projetuais relacionadas ao bom aproveitamento do sol e do vento. As estratégias apresentadas foram escolhidas com base no critério de acessibilidade tecnológica e orçamentária, buscando estratégias que possam ser executadas por mão de obra não especializada e de baixa complexidade de execução. Por fim, pretende-se inspirar alunos iniciantes de projeto que, além de conhecê-las, poderão vê-las aplicadas em correlatos contemporâneos.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é apresentar a elaboração do “Catálogo de estratégias bioclimáticas para o Nordeste brasileiro: ênfase para as soluções de sombreamento e ventilação natural”, o qual foi idealizado para estudantes iniciais de projeto de arquitetura, com vistas a contribuir para o desenvolvimento e aplicação de soluções sustentáveis e eficientes para este contexto climático específico.

3. MÉTODO

Para a elaboração deste catálogo, alguns passos foram necessários, além da problematização acima relatada: a motivação, o enfoque, a escolha das estratégias, a curadoria dos projetos correlatos, e a idealização da apresentação do catálogo de modo claro e convidativo. Faz-se necessário destacar que esse foi um exercício realizado em 3 meses durante a disciplina obrigatória “Estágio Supervisionado I”, na qual incentiva-se a produção de pesquisa ou de produto de temática de livre interesse na Arquitetura e Urbanismo.

A motivação já rondava o pensamento da ex-professora de Introdução ao Projeto de Arquitetura e Urbanismo (disciplina obrigatória de 60h/a) do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da UFPB. No entanto, a chegada de um ex-aluno, agora já em final de curso, interessado em produzir algo dentro do tema da arquitetura bioclimática na disciplina de Estágio Supervisionado I, possibilitou o desenvolvimento da ideia. Tudo foi arduamente discutido em encontros semanais remotos entre professora e aluno, de cerca de uma hora cada, perfazendo um total de 3 meses de trabalho.

Como a professora orientadora, co-autora deste artigo, é também pesquisadora da grande área de Conforto Ambiental e sabe da dificuldade da tradução do conteúdo destas disciplinas para aplicação em projeto, o enfoque escolhido foi delimitado pela necessidade de reforçar conteúdo de base essencial aos alunos iniciantes de projeto, relativo ao uso inteligente e racional dos maiores recursos naturais disponíveis em climas quentes: o sol e o vento. Assim, o catálogo reforça as estratégias bioclimáticas prioritárias indicadas para a zona bioclimática 8, a qual a maioria das capitais nordestinas pertence, sendo elas, segundo a NBR 15220-3 (ABNT, 2005), o sombreamento e a ventilação natural. Sabe-se que o escopo do conforto ambiental é bem mais amplo que este, no entanto, devido ao público alvo, priorizou-se inicialmente essas questões e, quem sabe numa ação futura, novos catálogos possam vir como complemento deste.

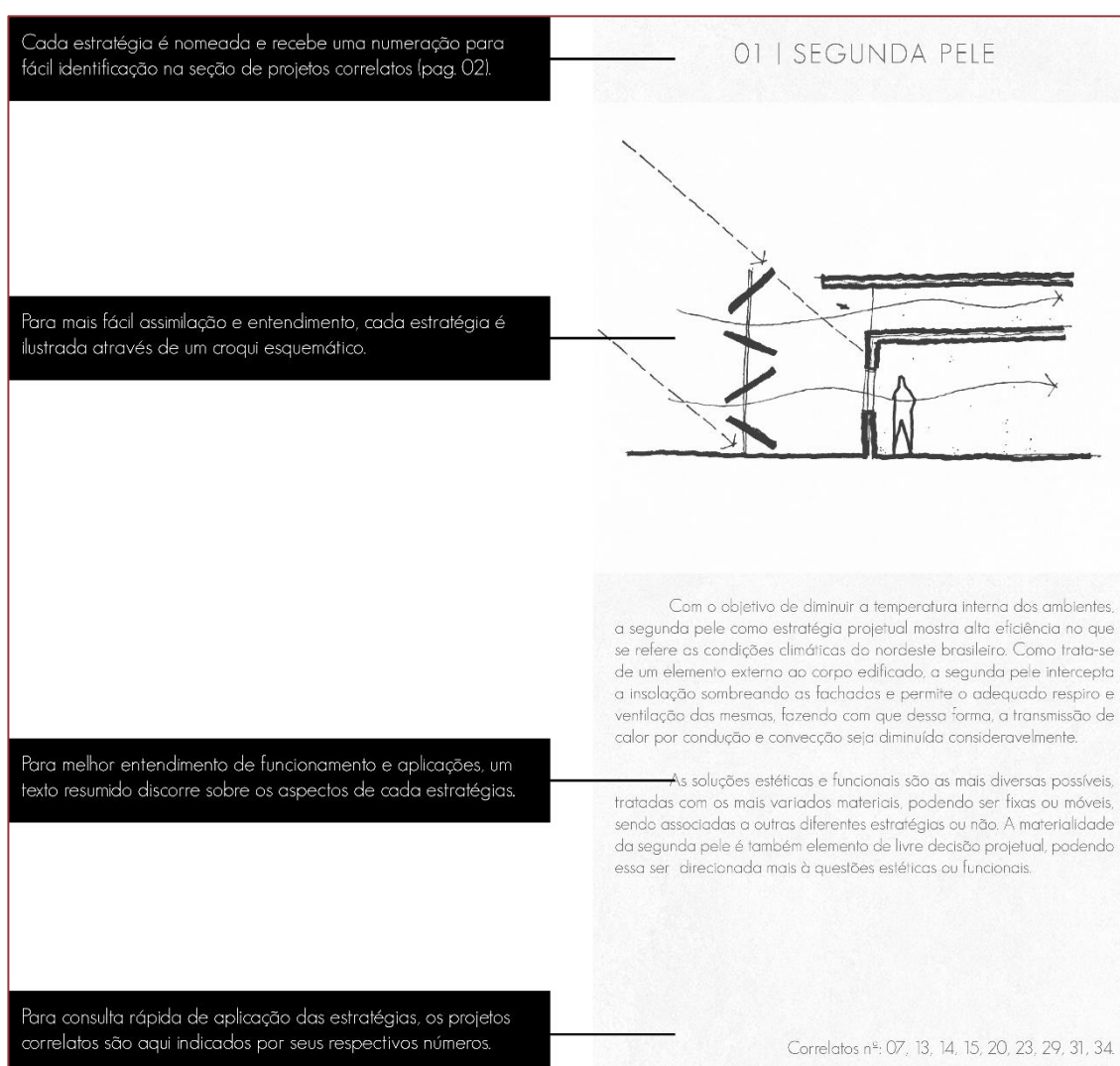
As estratégias apresentadas foram escolhidas com base no critério de acessibilidade tecnológica e orçamentária, buscando compilar aquelas que possam ser executadas por mão de obra não especializada e que possuam baixa complexidade de execução. Assim, foram eleitas doze estratégias, sendo seis de sombreamento e seis de ventilação natural (vale a pena ressaltar que a estratégia de elemento vazado foi alocada em ventilação natural, mas poderia ter sido em sombreamento). As estratégias de sombreamento são: segunda pele, átrio/jardim interno, esquadria resguardada, filtro vegetal, beiral prolongado e auto sombreamento. As estratégias de ventilação natural são: corpo edílico elevado, parede livre, cobertura descolada, elemento vazado, peitoril ventilado e torre de vento, que aqui pode ser entendido como uma espécie de *shed* também. Para apresentá-las ao leitor, foram elaborados croquis, pelo aluno e autor, e textos explicativos de seu funcionamento com base na literatura da área (Bittencourt & Candido, 2006; Corbella & Yannas, 2011; Lamberts, Dutra, Pereira, 2004; Legen, 2009).

Após escolha das estratégias projetuais que colaboram com a eficiência energética das edificações através da adequação bioclimática, julgou-se de grande importância que se demonstrassem suas aplicações, características e repercussões estéticas e volumétricas nos projetos. Para isso, foi inserido um álbum de imagens de projetos de arquitetura contemporânea que fizeram uso das estratégias expostas, aqui chamados de “correlatos”. O principal objetivo disto foi tentar traduzir em projeto o que foi expresso no texto e nos croquis, fixando para o aluno uma possibilidade de aplicação da estratégia. Dessa forma, facilita-se o entendimento não apenas das estratégias conceitualmente, mas também

entender de que forma podem ser executadas no projeto e na obra. A curadoria desses “projetos correlatos” foi feita pelos próprios autores deste artigo em sites de revistas especializadas de Arquitetura/Urbanismo e em sites de escritórios de arquitetura. A intenção inicial foi escolher apenas projetos situados na região de interesse, isto é, em capitais nordestinas, mas não foi possível usar esse filtro, porque, no caso de algumas estratégias, não se encontraram exemplares interessantes. Assim, ampliou-se o escopo para projetos de âmbito nacional e internacional.

O último passo foi planejar uma diagramação do conteúdo de modo claro, sucinto e convidativo ao estudante de Arquitetura e Urbanismo. Decidiu-se, então, explicar as estratégias ao leitor, por meio de textos e croquis, e mostrá-la aplicada num projeto correlato, unindo teoria e prática. Assim, após introdução, há explicação de como estão dispostas as informações, para orientar o leitor (Figura 6).

Figura 6: Imagem explicativa de orientações iniciais para manuseio do catálogo



Fonte: Autores (2023).

E, assim, o catálogo foi idealizado em tamanho A3 (paisagem), de modo que possa ser impresso ou digital, versão essa de maior alcance e acesso a todos. Em sua organização, após a capa, tem-se o sumário e a introdução, contendo instruções de uso. Posteriormente, apresentam-se, em cada página, 3 estratégias, e, ao final, o álbum de 36 imagens de projetos correlatos com identificação e autoria projetual, no qual, nelas, são sinalizadas as estratégias por meio de uma caixa preta com numeração (Figura 7). Na versão digital do catálogo, ao clicar em cada projeto correlato, evidencia-se um *hiperlink* de acesso que leva até a página do projeto em questão, para que o leitor possa conhecê-lo com maiores detalhes.

Figura 7: Imagem de projeto correlato com estratégias identificadas por numeração



Fonte: Autores (2023).

4. RESULTADOS

A seguir, apresentam-se resumidamente as estratégias selecionadas para o catálogo. Por uma questão de organização, para que caiba neste artigo, serão mostrados como imagem os textos principais e croquis de cada uma delas na Tabela 01, divididas em: estratégias de sombreamento (ES) e estratégias de ventilação natural (EVN). Na sequência, a Tabela 2 apresenta as imagens contidas no álbum de correlatos.

Tabela 1: Compilação de estratégias elencadas com croquis e textos

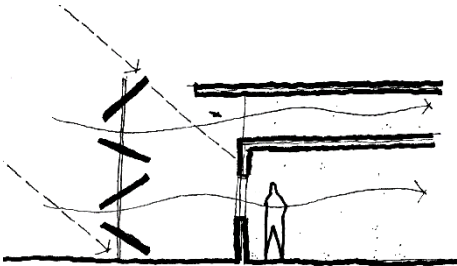
	<p>01 SEGUNDA PELE (ES)</p> <p>Com o objetivo de diminuir a temperatura interna dos ambientes, a segunda pele como estratégia projetual mostra alta eficiência no que se refere as condições climáticas do nordeste brasileiro. Como trata-se de um elemento externo ao corpo edificado, a segunda pele intercepta a insolação sombreando as fachadas e permite o adequado respiro e ventilação das mesmas, fazendo com que dessa forma, a transmissão de calor por condução e convecção seja diminuída consideravelmente.</p> <p>As soluções estéticas e funcionais são as mais diversas possíveis, tratadas com os mais variados materiais, podendo ser fixas ou móveis, sendo associadas a outras diferentes estratégias ou não. A materialidade da segunda pele é também elemento de livre decisão projetual, podendo essa ser direcionada mais a questões estéticas ou funcionais.</p> <p>Correlatos nº: 07, 13, 14, 15, 20, 23, 29, 31, 34.</p>
	<p>02 ÁTRIO E JARDIM INTERNO (ES)</p> <p>A livre abertura de segmentos internos da edificação pode permitir que ambientes enclausurados ou que porventura pudessem apresentar deficiência de ventilação e iluminação natural venham a desfrutar desses benefícios. A abertura de átrios e jardins internos como uma espécie de pátio descoberto por exemplo, permite que o usuário desfrute do contato com o ambiente externo de maneira controlada em ambientes que não necessariamente estão expostos ao limite entre dentro e fora do perímetro edificado. Ao se tratar de ambientes que não possuem grande interação com o ambiente externo, a utilização de aberturas devidamente protegidas no plano horizontal da edificação possibilita uma alternativa para melhorar a qualidade dos espaços relativa ao nível de iluminação e de ventilação.</p> <p>Esses espaços abertos abrem também margem para experimentar ambientes mais interativos com o meio ambiente, possibilitando o contato sensorial com elementos naturais como o céu, a vegetação e intempéries. Esse contato com a natureza é uma das mais importantes características de ambientes biofílicos, os quais fazem com que a experiência dos indivíduos que estão no espaço seja mais saudável, agradável e produtiva.</p> <p>Correlatos nº: 05, 11, 12, 28, 31, 33, 34.</p>

Tabela 1: Compilação de estratégias elencadas com croquis e textos (continuação)

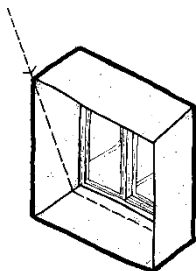
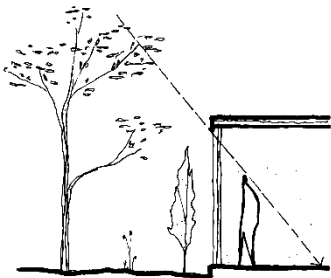
	<p>03 ESQUADRIA RESGUARDADA (ES)</p> <p>Nos climas tropicais brasileiros, o controle da impetuosa insolação é de grande importância, uma vez que na maioria das vezes a alta carga de calor e luminosidade em excesso que essa traz consigo não é desejada em seu natural intensidade. As esquadrias normalmente são os elementos de maior transmitância térmica de um ambiente, fazendo com que se não bem pensadas e resguardadas da exacerbada exposição ao sol, possam vir a ser elementos que prejudicam a qualidade de conforto do ambiente.</p> <p>A utilização de brises projetados ao plano das esquadrias ou seu recuo em relação ao pano vertical da edificação são possíveis artifícios que favorecem a proteção à insolação, podendo ser feita em ambos os casos de maneira total ou parcial. No entanto, sobre as consequências e possibilidades estéticas que a estratégia pode ter, a utilização dos mais variados materiais para cumprirem a função de elementos protetores já é conhecida, e a utilização desses avanços e recuos pode ser tomada como recurso formal de composição.</p> <p>Correlatos nº: 09, 16, 17, 23, 27, 34.</p>
	<p>04 FILTRO VEGETAL (ES)</p> <p>Com o intuito de filtrar a luminosidade em excesso, a vegetação como elemento amenizador pode ser utilizada para compor filtros vegetais tanto incorporados ao limite de interação do ambiente/edificação para com o exterior, quanto como elemento externo, que projeta sua sombra cumprindo a mesma função.</p> <p>A utilização desses elementos vegetais como filtro, por sua vez deve ser pensada e projetada de maneira a considerar não apenas o sombreamento e sua composição paisagística juntamente à edificação, mas também principalmente as variáveis de ventilação atuantes. A má utilização da vegetação em sua composição, escolhas de espécies e implantação no projeto, pode vir a gerar sombras de vento que porventura venham a diminuir a eficiência energética do ambiente/edificação.</p> <p>No que diz respeito à sua composição estética, cabe ao projetista fazer o bom uso das espécies a serem utilizadas para que essas colaborem com a qualidade de conforto e com a estética da composição paisagística.</p> <p>Correlatos nº: 03, 06, 08, 12, 13, 15, 31, 33, 34.</p>

Tabela 1 Compilação de estratégias elencadas com croquis e textos (continuação)

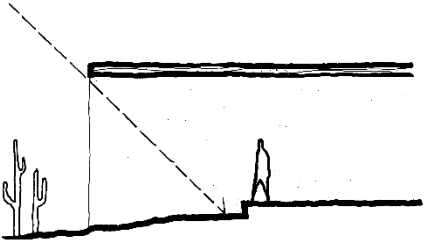
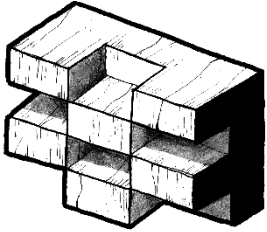
	<p>05 BEIRAL PROLONGADO (ES)</p> <p>Buscando ambientes mais frescos e com uma maior qualidade de conforto ambiental, o lançamento de beirais prologados é uma estratégia que permite que os ambientes se desenvolvam de maneira protegida às condições ambientais desfavoráveis, uma vez que tornarão mais eficientes do que seriam caso estivessem expostos de maneira direta às condições climáticas externas.</p> <p>As influências estéticas e formais da estratégia recaem nesse caso em questões de composição volumétrica da edificação, a qual se pensada sob o olhar da prática da boa arquitetura no nordeste brasileiro, deve primeiramente cumprir sua função de desempenho e qualidade ambiental e somente após isso, serem pensadas as questões estéticas. Apesar disso, a apropriação da estética da projeção dos beirais pode ser tomada como partido arquitetônico, ressignificando a função e a estética como elementos separados.</p> <p>Correlatos nº: 03, 04, 06, 07, 08, 09, 12, 13, 15, 18, 19, 21, 27, 28, 29, 33, 35, 36.</p>
	<p>06 AUTO SOMBREAMENTO (ES)</p> <p>O sombreamento de fachadas expostas como já visto anteriormente é uma estratégia relevante para o clima quente do nordeste brasileiro, no entanto nem sempre é possível fazer uso de elementos de composição que proporcionem o sombreamento desejado. Tendo em vista essa possível dificuldade, a utilização de elementos e estratégias de composição de fachada que se auto sombreiem é uma solução inteligente para as fachadas desprotegidas que venham a receber altas cargas solares.</p> <p>Com uma parcela da interface exposta sombreada, a temperatura consequentemente se torna menor do que se estivesse exposta de maneira uniforme ao sol, diminuindo assim a transmissão de calor por condução da fachada.</p> <p>A materialidade e estética da estratégia para auto sombreamento dependem diretamente das decisões projetuais tomadas, considerando os elementos utilizados, suas respectivas disposições e de que forma serão utilizados na composição de interface da edificação.</p> <p>Correlatos nº: 01, 14, 30.</p>

Tabela 1: Compilação de estratégias elencadas com croquis e textos (continuação)

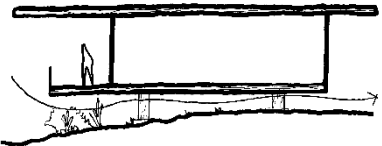
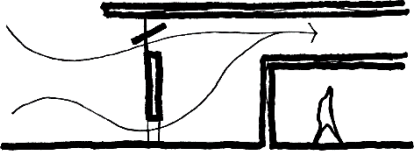
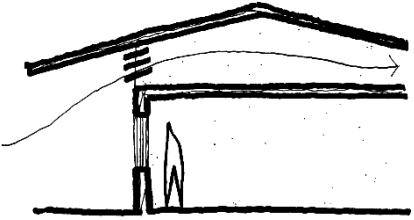
	<p>07 CORPO EDÍLICO ELEVADO (EVN)</p> <p>Em um clima em que a superfície do solo pode alcançar elevadas temperaturas durante o dia, soltar a edificação do solo dando espaço para que o vento circule por debaixo do corpo edificado pode colaborar com o conforto térmico dos ambientes. Ademais, com a diminuição do contato direto entre solo e edificação, junto ao ar que constantemente se renova nesse espaço vazio em questão, a transmissão de calor por condução e convecção pode ser diminuída consideravelmente. A elevação da edificação em relação ao solo pode ser utilizada como elemento formal e estético na composição projetual, podendo em alguns casos até facilitar a implantação do projeto em situações em que a topografia do terreno é um desafio.</p> <p>Correlatos nº: 04, 07.</p>
	<p>08 PAREDE LIVRE (EVN)</p> <p>Visando a livre ventilação dos espaços, o lançamento de paredes livres, dispostas de maneira não a isolar espaços, mas de gerar privacidade quando necessário, soltas do teto e até quando possível também do chão, permite que o ar circule livremente e se renove, que flua entre os espaços e leve consigo o ar viciado dos ambientes fechados.</p> <p>Os pontos de toque das paredes com o teto e com o chão podem ser explorados, dando a possibilidades de abrir para ventilar, abrir para iluminar, criando interação e conexão entre o interior e o exterior, fazendo com que o ambiente interno não esteja isolado do ambiente externo, mas que se possa estabelecer essa conexão quando desejado.</p> <p>Correlatos nº: 12, 18, 19.</p>
	<p>09 COBERTA DESCOLADA (EVN)</p> <p>As cobertas das edificações quando não adequadas e adaptadas ao clima local, pode muitas vezes gerar desconforto térmico aos ambientes que protege. O alto índice de insolação das cobertas, juntamente a uma possível escolha equivocada de material de composição ou estratégia de disposição volumétrica pode ocasionar bolsões de ar quente entre o plano na cobertura e a edificação. Para evitar que esses bolsões de ar quente se formem e que comprometam a qualidade de conforto dos ambientes em questão a ventilação da cobertura mostra-se como uma estratégia eficiente para a diminuição da temperatura interna das edificações.</p> <p>O descolamento da cobertura em relação ao volume da edificação como normalmente ocasiona grande impacto estético e volumétrico pode ser tomado como elemento visual a ser enfatizado na volumetria.</p> <p>Correlatos nº: 04, 12, 13, 15, 17, 18, 20, 21, 32, 35, 36.</p>

Tabela 1: Compilação de estratégias elencadas com croquis e textos (continuação)

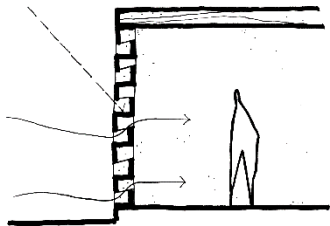
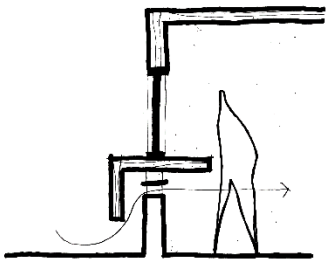
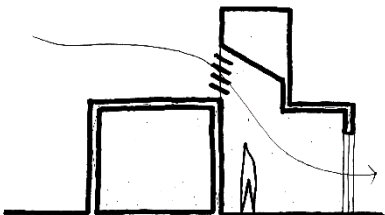
	<p>10 ELEMENTO VAZADO (EVN)</p> <p>O desejo pela ventilação constante junto à proteção da insolação dos ambientes, aspectos tão desejados no clima do nordeste brasileiro, traz força para o uso dos elementos vazados no projeto. Sua utilização pode ser feita tanto externamente, quanto internamente às edificações, atuando como elementos funcional ou até mesmo apenas com elemento decorativo, obstruindo visualmente ambientes mantendo sua ventilação, ou integrando-os. A alta variabilidade de formas, disposições e materiais da utilização dos elementos vazados permite que de acordo com suas características físicas e sua respectiva aplicação, tenha a possibilidade de se adequar a funções diferentes e de maneiras diferentes. Dessa forma, é possível observar uma variação de desempenho de proteção solar e ventilação de acordo com a variação de suas características.</p> <p>No que diz respeito a sua repercussão estética e formal no projeto, devido a sua alta variabilidade de formas e materiais, suas características podem muito bem serem aproveitadas como elemento de alto impacto estético no projeto ou de forma mais pontual, aproveitando apenas de sua colaboração funcional.</p> <p>Correlatos nº: 01, 02, 03, 05, 08, 10, 12, 13, 14, 16, 15, 17, 20, 21, 24, 25, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34.</p>
	<p>11 PEITORIL VENTILADO (EVN)</p> <p>Abordando uma problemática do litoral nordestino, as chuvas de vento apresentam certa complicação aos projetos no que se diz respeito à ventilação dos ambientes. Não existindo uma adequada proteção, surge a necessidade de se fechar as esquadrias. Feito isso, caso as esquadrias sejam o único meio de ventilação, a adequada ventilação dos ambientes fica prejudicada, aumentada assim a umidade relativa do ar. Em consequência da falta de renovação do ar junto ao aumento da umidade relativa do ar, o desconforto térmico dos ambientes em questão tende a aumentar.</p> <p>O peitoril ventilado é uma estratégia que permite que, mesmo que exista a necessidade de se fechar completamente as esquadrias, a ventilação natural continue sendo possível sem grande impacto. Outra possibilidade de uso é, caso desejado, de que se diminua o fluxo de ar no ambiente em questão.</p> <p>Sobre sua repercussão estética e formal, como compõe um volume que se projeta à face da edificação, é necessário que se faça a devida previsão e adequação do mesmo para com o desejo estético do projeto.</p> <p>Correlatos nº: 22.</p>

Tabela 1: Compilação de estratégias elencadas com croquis e textos (continuação)

	<p>12 TORRE DE VENTO (EVN)</p> <p>Algumas soluções de aberturas para a ventilação natural podem acontecer muitas vezes da maneira habitual. Em situações em que por algum motivo específico a ventilação natural é obstruída, é possível que seja feita a ventilação do ambiente através de elementos de abertura na cobertura.</p> <p>Com o objetivo de garantir a adequada ventilação, é possível que através de aberturas em elementos elevados em relação ao respectivo dificultador que, o vento seja conduzido pela geometria dos elementos construtivos para garantir a ventilação desejada. Um aspecto de grande relevância a ser levado em consideração junto à utilização da torre de vento é sua eficiência contra chuvas em sua admissão, fator esse que caso não levado em consideração pode ocasionar problemas futuros.</p> <p>Quando se trata de torres de vento, a principal questão estética que se identifica é a necessidade de um elemento vertical que desponte do plano horizontal, o qual deve ser considerado na composição formal na fase de projeto para garantir um adequado equilíbrio entre as partes.</p> <p>Correlatos nº: 02, 06.</p>
---	--

Fonte: Autores (2023).

Tabela 2: Álbum de correlatos

Tabela 2: Álbum de correlatos (continuação)

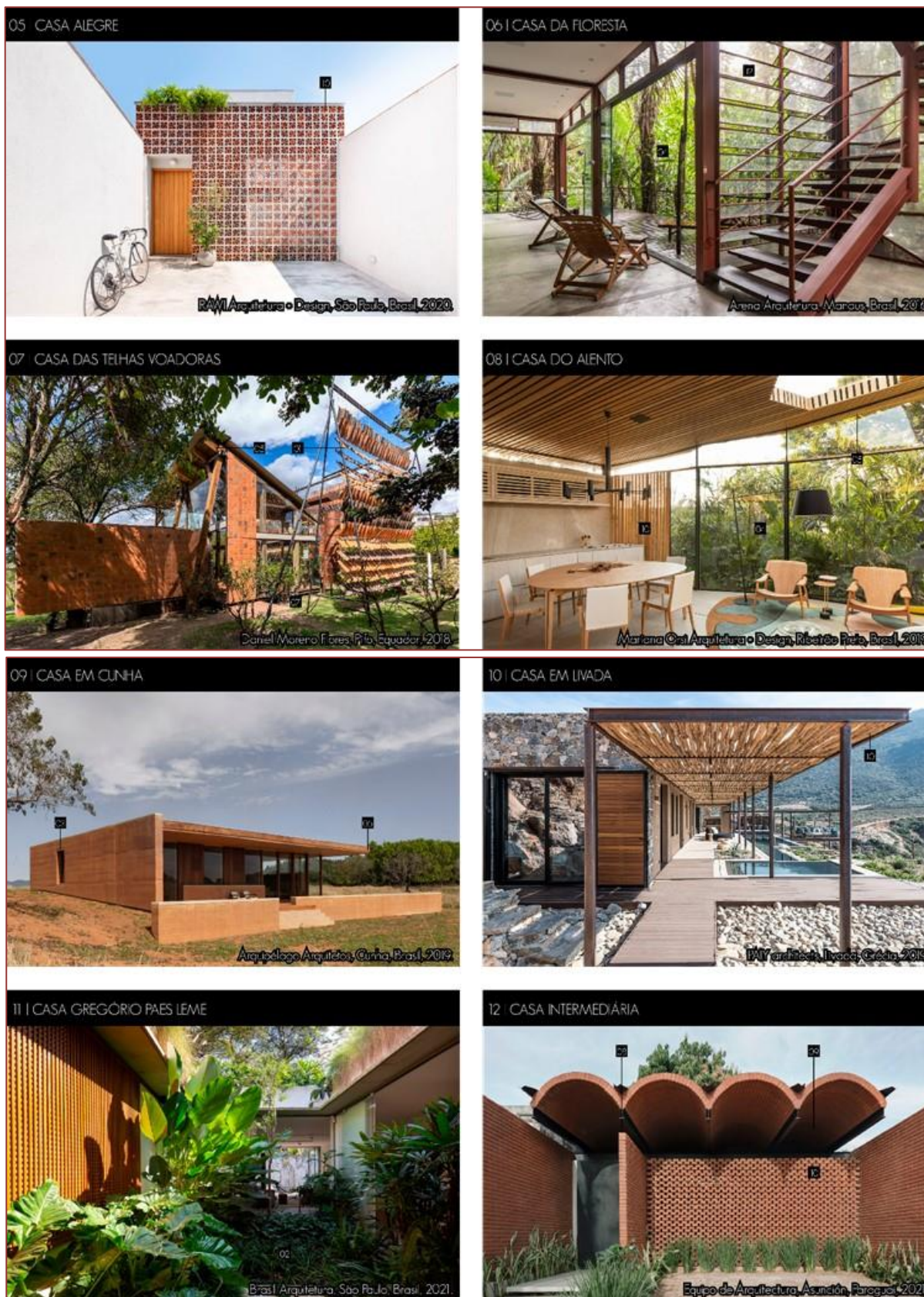


Tabela 2: Álbum de correlatos (continuação)

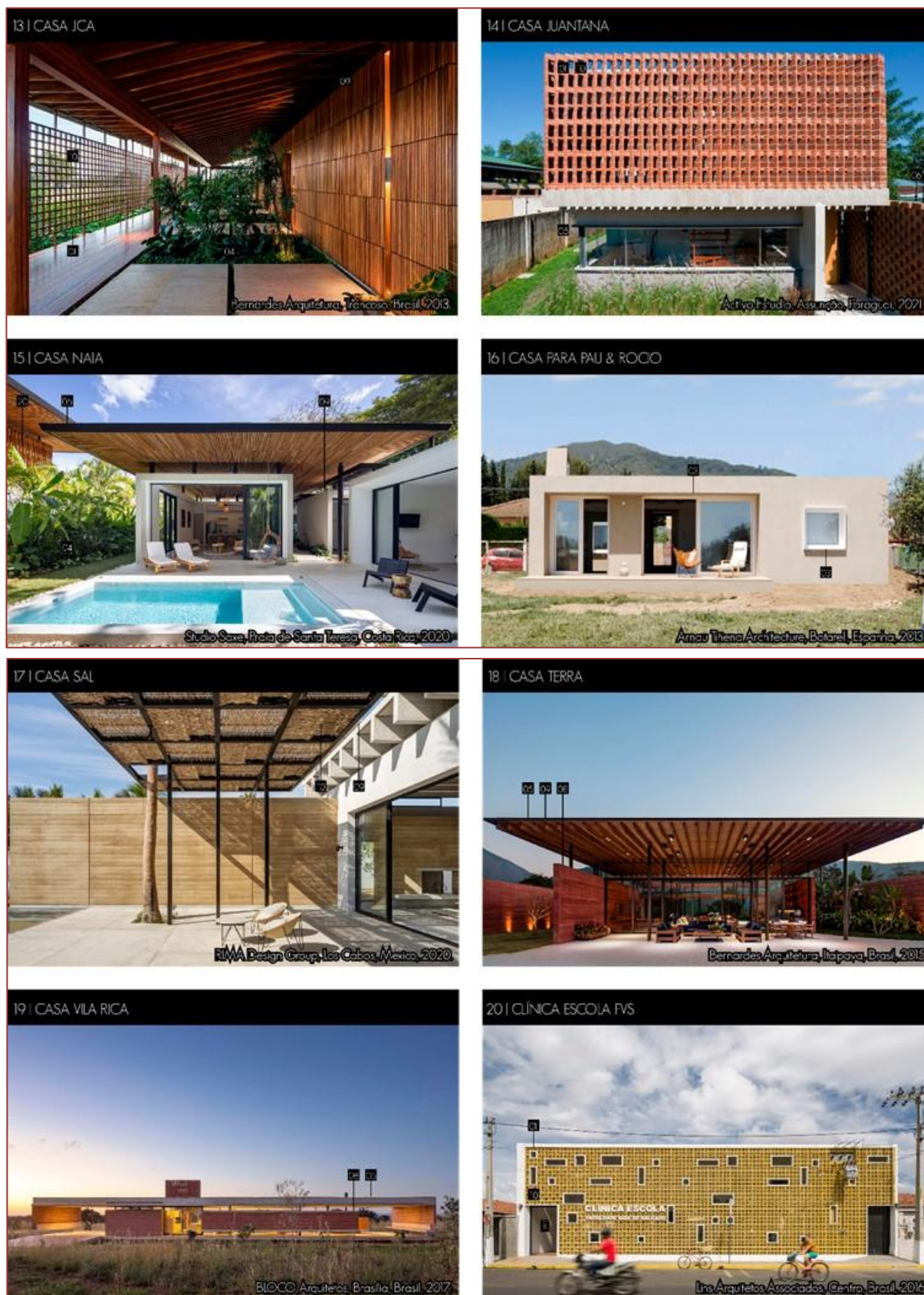


Tabela 2: Álbum de correlatos (continuação)

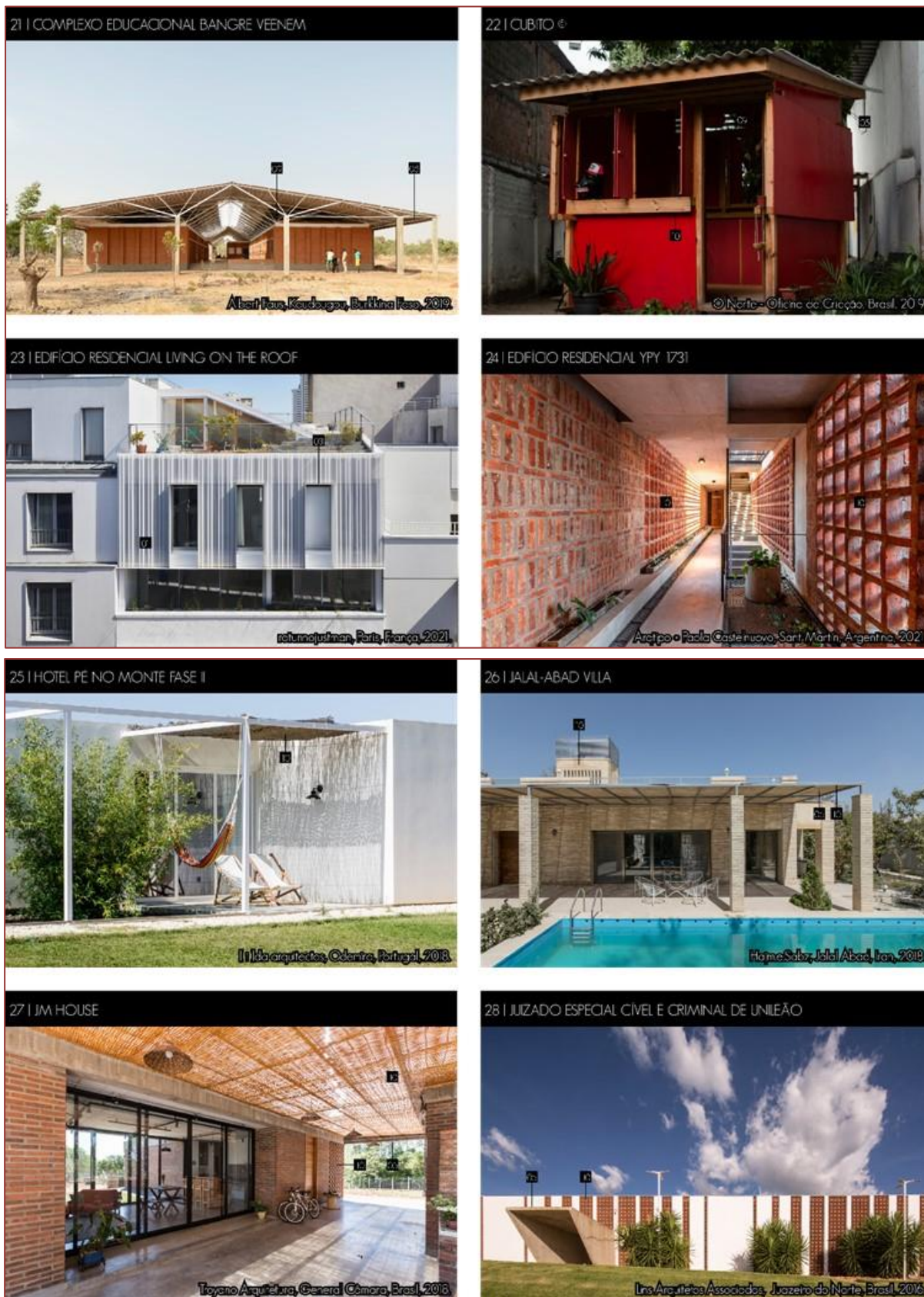
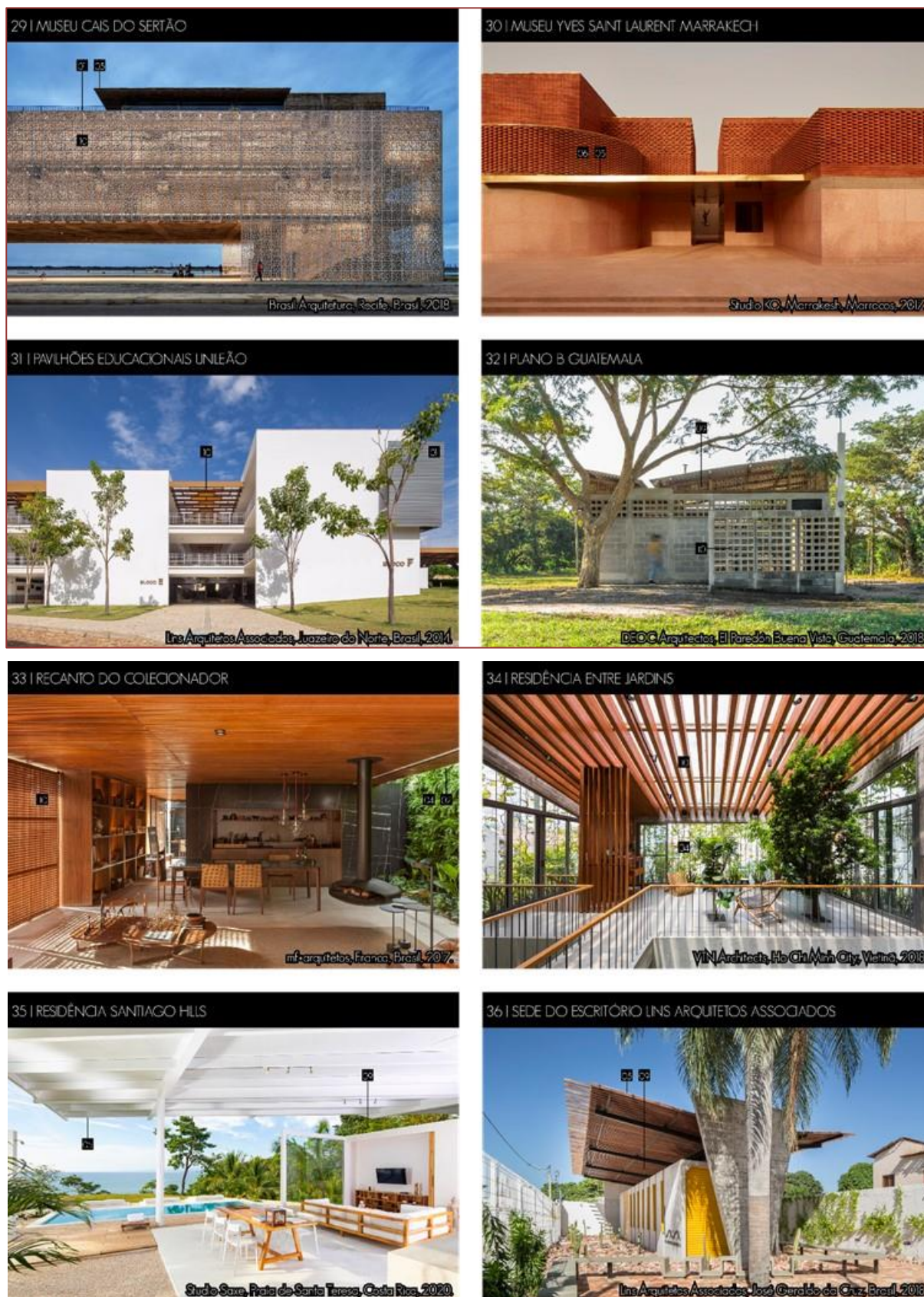


Tabela 2: Álbum de correlatos (continuação)



Fonte: Autores (2023).

5. CONCLUSÃO

A partir de uma breve observação e análise da produção contemporânea de arquitetura que vem sendo executada no Brasil e, especificamente no Nordeste brasileiro, é possível notar que alguns dos aspectos relevantes para adequação climática não vêm sendo devidamente explorados e contemplados em projeto pelos profissionais. Sabendo que, para o clima quente do Nordeste brasileiro, sobretudo capitais situadas no litoral, as quais pertencem à zona bioclimática 8, as soluções de sombreamento e ventilação natural são apontadas como prioritárias (ABNT NBR 15220-3), elaborou-se esse catálogo com vistas a contribuir para o desenvolvimento e aplicação de soluções sustentáveis e eficientes para este contexto climático específico. Assim, o objetivo deste artigo foi apresentar a elaboração do “Catálogo de estratégias bioclimáticas para o Nordeste brasileiro: ênfase para as soluções de sombreamento e ventilação natural”, o qual foi idealizado para estudantes iniciais de projeto de arquitetura, com vistas a colaborar para ampliar o repertório projetual de alunos iniciantes de Arquitetura e Urbanismo, os quais além de aprender sobre as estratégias bioclimáticas, podem vê-las aplicadas em projetos contemporâneos executados. Para atingir tal objetivo, várias etapas de pesquisa foram percorridas e relatadas neste artigo.

Por fim, este catálogo não pretende encerrar o assunto “estratégias bioclimáticas para o Nordeste brasileiro”, pelo contrário, visa apenas trazer uma colaboração pontual no sentido de incentivar a busca de mais conhecimento sobre o assunto. Espera-se, ainda, contribuir para que novas publicações e compilações dentro dessa temática possam surgir e, que se possa ampliar esse escopo, abrangendo outras estratégias bioclimáticas aplicadas também a outros climas, afinal, o Brasil precisa de boa arquitetura contemporânea, a qual seja sensível ao contexto climático no qual está inserida.

REFERÊNCIAS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220: Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. Rio de Janeiro, 2005.
- [2] BITTECOURT, Leonardo e CANDIDO, Christina. **Introdução a ventilação natural**. Maceió, EdUFAL, 2006.
- [3] CORBELLA, Oscar & YANNAS, Simões. **Em busca de uma arquitetura sustentável**. São Paulo, Revan, 2011.
- [4] HOLANDA, Armando de. **Roteiro para construir no Nordeste: arquitetura como um lugar ameno nos trópicos ensolarados**. EdUFPE, Recife, 1976.
- [5] LENGEN, Johan Von. **Manual do arquiteto descalço**. São Paulo, Emporio do livro, 2009.
- [6] LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano e PEREIRA, Fernando O. **Eficiência energética na arquitetura**. Eletro-bras/Procel, 3ª edição, Rio de Janeiro, 2014.

Capítulo 13

Reutilização da água de fluídos de corte solúveis para processos de usinagem

Janaina Fracaro de Souza Gonçalves

Júlia Hummel Della Barba

Resumo: Um elemento-chave da sustentabilidade é o uso prudente dos recursos naturais. Isso significa utilizar recursos não renováveis de forma eficiente e desenvolver alternativas para substituí-los no futuro, ao mesmo tempo em que se utilizam recursos renováveis de maneira que não comprometam o recurso ou causem poluição. Sabe-se que os fluidos de refrigeração à base de óleo são um dos elementos mais insustentáveis dos processos de usinagem. O impacto dos fluidos de corte no meio ambiente é amplamente reconhecido pelos usuários de máquinas-ferramentas, especialmente no que diz respeito à sua degradação e descarte final, considerado um grande problema. Diante dessa questão, este artigo busca definir os requisitos e restrições da água resultante do tratamento de efluentes dos fluidos de corte, de modo que possa ser reutilizada nas máquinas-ferramentas. Para isso, a fase aquosa de um efluente de emulsão foi separada da fase oleosa e submetida a três métodos de tratamento: químico, fotoquímico e térmico. Testes físico-químicos e microbiológicos foram realizados para verificar a qualidade da água após o tratamento do efluente, e a estabilidade e eficiência das emulsões preparadas com a água tratada foram avaliadas. Os resultados apontam para uma melhor eficiência do tratamento térmico para a reutilização da água em aplicações com fluidos de corte; no entanto, os parâmetros microbiológicos e de custo-benefício devem ser mais bem avaliados.

Palavras-chave: fluidos de corte solúveis, reuso de água, tratamento de efluentes, análises químicas, análises microbiológicas.

1. INTRODUÇÃO

A conciliação da busca contínua por competitividade com a crescente necessidade de preservar os recursos naturais é o grande desafio para as empresas em todo o mundo. Até agora, as indústrias são pressionadas por indicadores de desempenho ao mesmo tempo em que são cobradas por suas responsabilidades sociais e ambientais. O recurso mais ameaçado atualmente é a água, cujo consumo tem aumentado enquanto as fontes naturais estão se tornando escassas. Existem muitas formas de tratar águas residuais e, na maioria dos casos, ocorre ou a reutilização não planejada (descarga em águas receptoras ou lençóis freáticos) ou a reciclagem (uso em outra aplicação antes do descarte final) da água tratada, mas raramente a reutilização planejada (trazer a água aos padrões exigidos para aplicações subsequentes). Como os padrões para o uso da água dependem da aplicação, a avaliação dos requisitos para a reutilização da água deve ser bem definida para evitar desperdício de tempo e energia.

O objetivo deste trabalho é definir os requisitos e restrições para a reutilização de água proveniente de fluidos de corte utilizados na indústria de transformação, reinserindo a água tratada do efluente nas máquinas-ferramentas. A busca por um ciclo fechado para o uso da água é baseada em alguns fatores, tais como: o aumento da demanda com a diminuição da oferta, o custo atual e a necessidade de atender aos requisitos estabelecidos por entidades de controle ambiental. Três tecnologias de tratamento de efluentes (químico, térmico e fotoquímico por UV/H₂O₂) foram aplicadas a emulsões, a fim de avaliar a viabilidade de reutilizar a água tratada de emulsões de fluidos de corte descartadas dos processos de usinagem. Os resultados dos testes propostos podem oferecer uma perspectiva para um processo de ciclo fechado, no qual a água usada em fluidos de corte pode ser tratada localmente após o processo de usinagem e reutilizada para a preparação de novos fluidos.

1.1. CONSUMO DE FLUIDOS DE CORTE NA INDUSTRIA

A função básica de um fluido de corte é melhorar o processo de usinagem de metais (lubrificação, resfriamento e limpeza da região usinada). Uma classificação convencional divide os fluidos em duas classes importantes: óleos integrais e óleos solúveis (Cheng et al., 2005; Xiangcheng, et al. 2024).

Este estudo está especialmente focado nos fluidos solúveis, já que eles são compostos por pelo menos 90% de água. Como a água e o óleo são relativamente imiscíveis, emulsificantes são necessários para solubilizar a fase oleosa na fase aquosa. A solubilização ocorre pela formação de gotas de óleo estabilizadas por um filme monomolecular de emulsificante na interface óleo-água (Rossmoore et al., 1993). O crescente volume de efluentes industriais descartados, combinado com a limitação de espaço adequado para seu descarte, os altos custos operacionais das estações de tratamento de efluentes e os requisitos ambientais, têm impulsionado o desenvolvimento de novos processos de tratamento de águas residuais (John et al., 2004). Estima-se que, apenas no Brasil, de 25 a 150 litros de óleo de refrigeração circulem nos centros de usinagem por minuto, um enorme volume a ser gerenciado para evitar problemas ambientais e riscos à saúde dos operadores (Greeley et al., 2005). Óleos lubrificantes são consumidos em todo o mundo, e esse consumo foi estimado em 49 milhões de cm³/ano (Tomala et al., 2010).

Uma tonelada de óleo lubrificante representa uma carga poluente equivalente à produzida por 50.000 habitantes, apesar de que cada litro de óleo lubrificante descartado no solo leva de 100 a 120 anos para se deteriorar (Burker et al., 1991). Despejar esses produtos em rios provoca a formação de uma película na superfície da água, o que dificulta a passagem de ar e luz, reduzindo os processos respiratórios e fotossintéticos de muitos organismos vivos. Nesse caso, 1 litro de óleo lubrificante é capaz de esgotar o oxigênio de 1 milhão de litros de água. A legislação ambiental vigente estipula que 30% do volume de óleo presente nos fluidos comercializados deve ser coletado e rerrefinado, embora isso não impeça ações criminosas ao redor do mundo (Hach, 1997; Javvadi, et.al, 2022).

Além dos impactos adversos da destinação descontrolada ou dos métodos de tratamento ineficazes adotados para os fluidos de corte no final de suas vidas úteis, a saúde ocupacional também é uma questão de extrema importância nos centros industriais (Greeley et al., 2004). Esses produtos são responsáveis por um grande número de doenças, causadas por aerossóis, vapores ou subprodutos formados durante os processos de usinagem, ou até mesmo pelo contato direto com o produto (Cheng et al., 2005; Xiangcheng, et al. 2024).

1.2. PROCESSOS UTILIZADOS NO *TREATMENT* DE EFLUENTES INDUSTRIAIS OLEOSOS

Quando uma emulsão de fluido utilizada na usinagem perde suas funções específicas, a água e o óleo deixam de ser materiais de consumo e se tornam resíduos, sendo assim, a emulsão deve ser encaminhada para a estação de tratamento de efluentes.

A literatura está cheia de artigos que abordam diferentes métodos (Schoeman et al., 2007) aplicados ao tratamento de efluentes industriais (Koby et al., 2008 e Cheng et al., 2006). No entanto, há uma falta de informações especificamente sobre o tratamento de efluentes das indústrias de usinagem (Pusavec et al., 2010 e Scholz et al., 1999). Esses tratamentos são usados para reduzir o impacto do descarte desses resíduos em corpos receptores ou sistemas de esgoto, e envolvem processos físicos (Kurniawan et al., 2006), químicos (Matlock, 2002) e combinados, que são usados para remover compostos orgânicos dissolvidos na água (Benito et al., 2002 e Bruze et al., 1995). Neste estudo, foram analisados três tipos de tratamentos de efluentes comumente usados pelas indústrias.

1.2.1. PROCESSO TÉRMICO

A decomposição térmica é um processo físico que não requer o uso de produtos químicos. A emulsão é aquecida para evaporar a fase aquosa, enquanto o óleo permanece em solução devido ao seu ponto de ebulição mais alto (Aranberri et al., 2004 e Benito et al., 1998). A água evaporada é condensada e os resíduos oleosos arrastados com o vapor de água são removidos em uma etapa adicional. A vantagem desse processo é que ele não produz lodo e a água tratada fica livre de sais, mas o alto custo da operação surge como sua principal desvantagem (Mahdi et al., 1990).

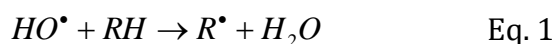
1.2.2. PROCESSO QUÍMICO

Nos processos químicos, ácidos são adicionados aos efluentes para degradar as emulsões (Alaton et al., 2002 e Cambiella et al., 2006). O efeito do ácido pode ser intensificado pela adição de sais metálicos, que induzem a separação das fases imiscíveis (por efeito de

salting-out), e permitem a remoção do óleo como a fase superior do fluido do tanque de tratamento (Zimmerman et al., 2003 e Zimmerman et al., 2004). A principal desvantagem desse método está na necessidade de introduzir outras substâncias para permitir a separação da água.

1.2.3. PROCESSO FOTOQUÍMICO - UV/H₂O₂

Também conhecidos como processos de degradação por oxidação química ou, mais comumente, processos de oxidação avançada (Monteiro, 2006). Estes são métodos promissores para o tratamento de efluentes industriais, pois permitem a degradação de compostos orgânicos que causam a contaminação da água, especialmente os recalcitrantes, convertendo-os em CO₂ e H₂O em períodos de reação relativamente curtos (Zhou et al., 1999). Esses métodos são baseados na geração de radicais hidroxila fortemente oxidantes ($\bullet\text{OH}$, $E^\circ = 2.8\text{V}$), que podem promover a degradação de vários contaminantes orgânicos, incorporando hidrogênio e introduzindo mais radicais orgânicos (Eq. 1). A adição de oxigênio molecular produz espécies de peróxido (Eq. 2), que são instáveis e reagem com outras substâncias para formar compostos mais simples (Alaton et al., 2002 e Lunkenheimer et al., 1997).



Processos baseados no sistema UV/H₂O₂ surgiram como alternativas para a degradação de resíduos industriais, uma vez que o uso da radiação ultravioleta combinada com o peróxido de hidrogênio aumenta significativamente a taxa de formação de radicais livres. No processo UV/H₂O₂, o efluente a ser tratado é inicialmente misturado com H₂O₂ e, posteriormente, submetido à radiação ultravioleta (Zimmerman et al., 2003).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Três métodos de tratamento de efluentes para a extração de água de um efluente oleoso metal-mecânico foram avaliados, bem como a reutilização do efluente tratado no processo de Usinagem de Alta Velocidade (HSM) em escala piloto. Para atingir os objetivos, foram propostas as seguintes etapas:

- análise da água tratada quanto aos parâmetros COD e BOD;
- evolução do desempenho de fluidos de corte semi-sintéticos preparados com as águas tratadas, com referência à estabilidade da emulsão e aos danos às estruturas das máquinas.

Os fluidos de corte provenientes dos efluentes de máquinas-ferramentas foram inicialmente divididos em duas frações: uma fase rica em óleo (enviada para um processo de rerrefinação para agregar valor) e uma fase rica em água, que foi submetida a três tipos de tratamentos: térmico, químico e fotoquímico. As águas tratadas foram avaliadas comparativamente com a água potável.

2.1. TRATAMENTOS DA ÁGUA

O tratamento térmico foi realizado em um evaporador industrial. O tratamento químico foi realizado em um tanque de separação. O efluente pré-tratado foi acidificado até pH 3 com ácido clorídrico (HCl), tratado com 800 ppm de sulfato de alumínio $[Al_2(SO_4)_3 \cdot 16H_2O]$, agitado por 30 minutos e, em seguida, a mistura foi deixada em repouso por pelo menos 6 horas. Após esse período, a mistura se separou em duas fases; a fase superior, composta principalmente por óleo, foi removida por deslocamento, ou seja, introduzindo água na fase aquosa, e a fase aquosa restante foi tratada com soda cáustica (NaOH), potassa (KOH) ou solução de cal para ajustar o pH entre 7,5 e 8,0, sob agitação. Esse procedimento resultou na formação de flocos brancos, que foram deixados para decantar por uma a duas horas, formando lodo no fundo do tanque. A fase aquosa foi cuidadosamente removida do tanque e, subsequentemente, utilizada.

O tratamento fotoquímico foi realizado isotermicamente em um reator de vidro de 0,500 L com jaqueta, no qual 0,450 L de efluente pré-tratado foi misturado com 1,2 mL de solução de peróxido de hidrogênio (1000 ppm). A solução final foi agitada magneticamente sob um fluxo constante (80 mL/min) de oxigênio borbulhado e irradiada por 135 minutos por meio de uma lâmpada de vapor de mercúrio de 125 W (sem a lâmpada protetora), posicionada a 12 cm da superfície da solução.

Após cada procedimento de tratamento, a água resultante foi submetida a análises químicas e microbiológicas e reutilizada na formulação de novas emulsões de fluido.

2.2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DO EFLUENTE

Entre as análises químicas realizadas, foram incluídas: pH, condutividade, turbidez, alcalinidade, cloretos, amônia, dureza total, dureza de cálcio, nitratos, teor de fosfatos, fósforo, teor de ferro e sólidos totais (Bio-wise, 2000). A demanda química de oxigênio (DQO) e a demanda bioquímica de oxigênio (DBO5) foram determinadas de acordo com as normas APHA (1998) e NBR 12614/1992, respectivamente.

2.3. MONITORAMENTO MICROBIOLÓGICO

A presença de fungos e bactérias na água foi avaliada pelo método de coloração de Gram, que classifica as bactérias em dois grupos: Gram positivas e Gram negativas (Van der Gast et al., 2002; Van der Gast et al., 2004; Van der Merwe et al., 2005). A denominação Gram positiva e Gram negativa relaciona-se à diferença na composição das membranas bacterianas (Bruze et al., 1995; Rossmore et al., 1993), e a identificação é baseada em reações específicas com os componentes da membrana. A presença de fungos foi realizada usando um kit de coloração celular, com um procedimento semelhante ao utilizado para a identificação de bactérias.

2.4. TESTES EM EQUIPAMENTOS DE USINAGEM UTILIZANDO ÁGUA TRATADA

Testes de usinagem foram realizados na máquina de usinagem HSM Hermeler. A qualidade da usinagem foi avaliada pelos seguintes testes:

- Análise visual para sinais de oxidação nas máquinas-ferramentas;
- Análise visual para sinais de oxidação nas peças usinadas;

- Avaliação visual dos mecanismos de armazenamento das máquinas-ferramentas após o teste de usinagem;
- Análise microbiológica;
- Avaliação da vida útil do fluido.

3. RESULTADOS

3.1. QUALIDADE DA ÁGUA TRATADA

A Tabela 1 apresenta algumas propriedades físicas e químicas da fase aquosa dos efluentes de emulsão antes e depois do tratamento, comparadas com as da água potável.

Tabela 1. Propriedades físicas e químicas das águas dos efluentes (T1), efluente do tratamento térmico (T2), efluente do tratamento químico (T3), efluente do tratamento fotoquímico (T4) e água potável (T5)

Parâmetros	T1	T2	T3	T4	T5
pH	7.9	7.0	11.0	6.5	6.7
Sólidos Totais (g/L)	16	0.062	14.5	8.0	0.06
COD (mg O ₂ /L)	3650	75	1500	1015	0
BOD (mg O ₂ /L)	ND	850	0	ND	0

ND = NADA DETECTADO

A Tabela 1 mostra que a fase aquosa separada do efluente de emulsão (T1) tem um valor elevado de DQO, o que pode ser atribuído à presença de matéria orgânica dissolvida, especialmente proveniente da base de óleo e do agente emulsificante. Por outro lado, o conteúdo de DBO, que representa a matéria orgânica biodegradável, não pôde ser determinado mesmo quando o efluente foi diluído até 20 vezes. Esses resultados confirmam as observações de Scholz e Fuchs (Scholz et al., 1999) com relação à baixa biodegradabilidade desse tipo de efluente.

Todos os métodos de tratamento avaliados foram eficientes em diminuir os sólidos totais e o valor de DQO, especialmente o térmico (T2), que mostrou uma redução de 98% na DQO e sólidos totais semelhantes à água potável (T5). Para o tratamento fotoquímico (T4), observou-se uma redução de 72% na DQO, enquanto o tratamento químico (T3) foi o menos eficaz, resultando em pH elevado e alto teor de sólidos totais (devido à adição de soda e formação de lodo) e apenas 59% de redução na DQO.

O tratamento térmico (T2), embora eficaz na redução da DQO, resultou em uma água com aumento do conteúdo de DBO, indicando que nem todas as substâncias orgânicas foram removidas de forma eficiente do efluente por esse método. Portanto, a água tratada não deve ser despejada no corpo receptor sem um pré-tratamento adequado.

3.2. EMULSÃO PREPARADA COM ÁGUA TRATADA

Com relação à estabilidade da emulsão preparada com o efluente tratado, verificou-se que o fluido de emulsão preparado com o efluente do tratamento fotoquímico tornou-se desestabilizado no tanque de armazenamento, sem circulação constante. Isso pode ser atribuído à concentração de substâncias inorgânicas presentes no efluente. El Baradie (El Baradie et al., 1996) descreveu que principalmente cálcio, magnésio, ferro e, ocasionalmente, alumínio podem reagir com os agentes emulsificantes no óleo solúvel e desestabilizar a emulsão.

A Figura 1 apresenta amostras de emulsões estabilizadas e desestabilizadas. A primeira situação foi observada para as emulsões preparadas com água da rede de abastecimento e com água do tratamento térmico, enquanto a última foi observada para emulsões preparadas com água dos tratamentos fotoquímico e químico. A separação de fases após o repouso (quebra da emulsão) evidenciada na Fig. 1b provou que tanto os tratamentos fotoquímico quanto químico são inviáveis para reutilização. Por outro lado, a estabilidade da emulsão preparada com o efluente do tratamento térmico apresentou condições de operação normais durante todo o período de teste, semelhante ao desempenho das emulsões preparadas com água potável.

Figura 1: (a) Emulsão estável representativa da água do tratamento térmico e (b) emulsão desestabilizada representativa da água dos tratamentos fotoquímico e/ou químico



A Tabela 2 apresenta os resultados da análise química realizada nas amostras de água resultantes dos tratamentos térmico e químico, comparadas com a água potável.

Tabela 2. Análise química da água dos tratamentos térmico (T2) e químico (T3) e água potável (T5)

Parameter	T2	T3	T5
pH	7.0	11.0	6.7
Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	97.7	81.0	81.0
Turbidez [NTU]	3.55	5.61	4.8
Alcalinidade (ppm)	20.17	58.28	17.94
Cloreto (ppm)	0	18.85	17.95
Amônia (ppm)	1.7	0.22	0.22
Dureza Total (ppm)	8.05	44.69	15.92
Dureza de cálcio (ppm)	0	16.53	15.92
Nitritos (ppm)	0,4	9.53	0.2
Teor de Fosfato (ppm)	0.805	1.086	0.44
Fósforo (ppm)	0.14	0.354	0.32
Teor de Ferro (ppm)	0.15	2.73	0.31

Pode-se observar na Tabela 2 que as amostras do tratamento químico e da água potável apresentaram os mesmos valores de condutividade. No entanto, a água tratada termicamente apresentou valores ligeiramente mais altos de condutividade, alcalinidade, nitritos, amônia e fosfatos do que aqueles observados para a água de abastecimento, e a água tratada quimicamente apresentou valores mais altos de pH, alcalinidade, nitrito, fosfato, ferro e dureza total.

O tratamento térmico é propenso a transportar substâncias voláteis (como amônia, cloretos e bicarbonatos). Os valores elevados de nitritos e fosfatos podem estar relacionados aos aditivos anticorrosivos presentes no fluido de corte e que não foram removidos de forma eficiente durante o tratamento da água. Além disso, altos teores de N e P podem favorecer o desenvolvimento de cianobactérias e outros microrganismos que utilizam nitrogênio e fósforo como nutrientes. Dessa forma, ambas as águas apresentaram valores elevados de nutrientes, e a redução desses valores seria recomendada para a reutilização da água. Essa tendência também é confirmada pelo alto valor de DBO (Tabela 1), que indica a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbica. No caso da água tratada termicamente, o crescimento de microrganismos poderia ocorrer sem limitações nutricionais, uma vez que as fontes de C (DBO), N (amônia e nitritos) e P (fosfatos) são altas.

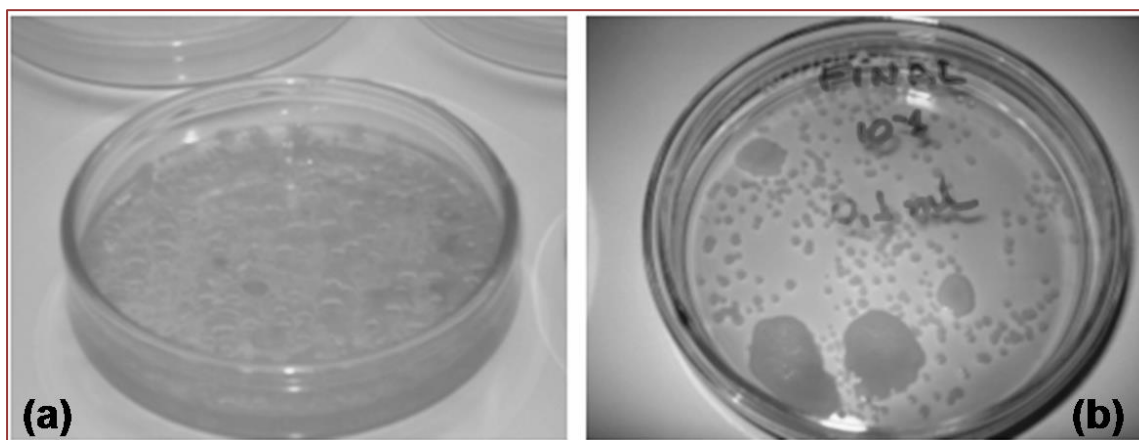
A quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por agentes químicos (DQO) das águas tratadas indica a alta carga orgânica dessas águas, especialmente para a água tratada termicamente, que apresentou valores 20 vezes maiores do que para as águas tratadas quimicamente. Além disso, a presença de ferro na água durante os tratamentos químicos causa a formação de pequenos flocos, que sedimentam lentamente, o que pode ter causado a alta quantidade de sólidos totais e turbidez. Isso pode justificar a quebra da emulsão visualizada na Fig. 1(b), indicando a saturação da água tratada quimicamente.

3.3. ANALISES MICROBIOLÓGICAS

Na análise microbiológica da água resultante do tratamento térmico, não foram encontradas bactérias ou fungos, enquanto na água resultante do tratamento fotoquímico, foram encontradas colônias de bactérias do tipo *E. coli* (Gram negativo). No caso da água resultante do tratamento químico, foram encontradas várias colônias de bactérias Gram

negativas (*Klebsiella pneumoniae* e *Enterobacter sakazakii*), bem como fungos (*Fusarium sp*, conhecido como levedura, e *Cephalosporium sp*, o popular bolor em alimentos).

Figura. 2: (a) Cultura de bactéria (*Klebsiella pneumoniae*) e (b) fungos (leveduras) encontrados na emulsão com água resultante do tratamento térmico (após os testes de usinabilidade)



A água resultante do tratamento térmico não apresentou microrganismos, mas quando essa água foi utilizada na formulação de um novo fluido de corte, mostrou contaminação precoce por microrganismos devido às condições do processo de usinagem aliadas ao alto teor de DBO (Figura 2).

3.4. ANÁLISES DA MÁQUINA

Durante o período de teste, observou-se que a emulsão feita com água da torneira manteve o pH por cinco meses. Quando se utilizou a emulsão preparada com água do tratamento térmico, o pH variou no segundo mês do teste e a emulsão apresentou um odor forte. Essas observações confirmam a tendência de contaminação por microrganismos da água resultante do tratamento térmico verificada na seção anterior (3.3).

No caso da emulsão preparada com água do tratamento fotoquímico, o pH também variou durante os primeiros dias do teste, indicando a tendência para a proliferação de microrganismos, como observado na análise microbiológica. Outra observação foi o aparecimento de pontos de oxidação nas peças usinadas usando essa emulsão, também induzidos pela variação do pH. Os mesmos pontos de oxidação foram observados na estrutura interna da máquina após um período de repouso. Devido a esses problemas, o teste com água do tratamento fotoquímico foi interrompido para evitar mais danos à estrutura da máquina-ferramenta.

Os pontos de oxidação poderiam ser minimizados removendo os sólidos totais das águas tratadas pelos métodos químico e fotoquímico, passando a água por uma coluna de troca iônica.

Os custos dos tratamentos avaliados têm valores diferentes e também devem ser estimados. O método térmico é o mais eficiente, mas também o mais caro, pois consome muita energia elétrica, sendo viável apenas para grandes empresas. O método químico é

o mais econômico, pois utiliza reagentes comuns; no entanto, a água resultante deste tratamento não apresenta condições adequadas para reutilização na preparação de novas emulsões. O tratamento fotoquímico tem um alto custo operacional, mas seus resultados não foram favoráveis para a reutilização da água em processos de usinagem.

O tratamento químico, apesar de ser economicamente viável para este tipo de tratamento de efluentes, não é adequado para a reutilização da água, uma vez que mantém muitos dos compostos introduzidos durante a separação água/óleo. Além disso, seria necessário remover todos os surfactantes/emulsificantes ainda presentes na composição dessa água tratada.

3.5. REQUISITOS E EXIGÊNCIAS PARA REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA EM FLUIDOS DE CORTE

Por meio dos testes realizados, observou-se que a reutilização da água do tratamento térmico apresentou os melhores resultados, embora algumas desvantagens para o uso dessa água devam ser destacadas:

- O alto custo do tratamento.
- A água resultante não tem uma composição semelhante à da água da rede de abastecimento.
- Microrganismos podem crescer mais rapidamente neste tipo de água.

Até agora, observou-se que um dos parâmetros mais importantes a serem considerados é a tendência de proliferação de microrganismos, que pode estar associada a um alto conteúdo de nutrientes como substâncias C, N e P. A presença dessas substâncias, além de outras, impossibilita a preparação de emulsões estáveis e contribui para o processo de oxidação das peças usinadas. Por outro lado, o alto conteúdo de DBO não contribui para a desestabilização da emulsão preparada com água tratada termicamente, nem induz a proliferação de microrganismos, desde que os nutrientes estejam ausentes da água tratada. No entanto, a emulsão preparada reutilizando esse tipo de água apresentou um tempo de vida menor em comparação com a emulsão preparada com água da torneira, de modo que uma avaliação cuidadosa dos aspectos econômicos envolvidos no tratamento da água, em detrimento da economia de água, deve ser realizada.

Uma alternativa intermediária seria o uso de água da torneira para a preparação da emulsão de fluido de corte e a reutilização da água tratada termicamente para o reabastecimento do tanque de usinagem durante o processo. Esse procedimento permitiria economizar água sem a proliferação de microrganismos em períodos iniciais, como observado para o uso de água tratada termicamente na preparação da emulsão.

4. CONCLUSÕES

Verificou-se que os três processos de tratamento de fluidos de corte (químico, fotocatalítico e térmico) estão em conformidade com os padrões estabelecidos pelas agências reguladoras, mas de acordo com esses resultados, há a necessidade de estabelecer normas adequadas para a reutilização em máquinas-ferramenta, evitando perdas e descarte desnecessário.

Com base nos resultados obtidos, verificou-se a necessidade de realizar testes de usinagem específicos (perfuração, fresagem, roscamento), que poderiam avaliar melhor o

desempenho dos fluidos de corte em relação à lubrificação e resfriamento. Além disso, a adição de tratamentos biológicos parece ser importante para que os sistemas de tratamento se tornem menos agressivos.

Comparando todos os testes realizados neste trabalho, o tratamento térmico resultou na água mais adequada para reutilização em fluidos de corte solúveis, uma vez que formou uma emulsão estável e teve um resultado eficiente no teste de usinagem, no entanto, deve ser melhor avaliado do ponto de vista microbiológico.

REFERENCIAS

- [1] Alaton, I.A., Balcioglu, I.A., Bahnemann, D.W., 2002. Advanced oxidation of a reaction dyebath effluent: comparison of O₃, H₂O₂/UV-C and TiO₂/UV-A processes. *Water Research* 36, 1143-1154.
- [2] APHA: Standard Methods for examination of water and wastewater. Washington DC: American Public Health Association, 1998. 20 ed.
- [3] Aranberri, I., Binks, B.P., Clint, J.H., Fletcher, P.D.I., (2004). Evaporation rates of water from concentrated oil in water emulsions, *Langmuir* 20, 2069 – 2074.
- [4] ASTM D1293 – 12: Standard test methods for pH water. Rev. November, 2012.
- [5] Benito, J.M., Rios, G., Ortea, E., Fernandez, E., Cambiella, A., Pazos, C. and Coca, J., 2002. Design and construction of modular pilot plant for the treatment of oil-containing wastewater, *Desalination* 147, 5 – 10.
- [6] Benito, J.M., Rios, G., Pazos, C. and Coca, J., 1998. Methods for the separation of emulsified oil from water: a state of the art review, in *Trends in Chemical Engineering*, 4, 203 -231.
- [7] Bruze, M., Hradil, E., Eriksohn, I.L., Gruvberger, B., Widstrom, L., 1995. Occupational allergic contact dermatitis from alkanolamineborates in metalworking fluids. *Contact Dermatitis* 32, 24-27.
- [8] Burkner, J.M., 1991. Waste treatment of metal working fluids, a comparison of three common methods. *Lubr. eng.* 47, 238 – 246.
- [9] Bhumibhamon, O., Koprasertsak, A., Funthong, S., 2002. Biotreatment of high fat and oil wastewater by lipase production microorganisms, *kasetsart, Natural Science* 36, 261-267.
- [10] Bio-wise., 2000. A Guide to biological treatment for metalworking fluids disposal. London: Department of trade and industry.
- [11] Cambiella, A., Benito, J.M., Pazos, C., Coca, J., 2006. Centrifugal separation efficiency in the treatment of waste emulsified oils, *Chem. Eng. Res. Des.* 84, 69 – 76
- [12] Cheng, C., Phipps, D. Alkhaddar, R.M., 2005. Treatment of spent metalworking fluids. *Water Research* 39, 4051-4063.
- [13] Cheng, C., Phipps, D. Alkhaddar, R.M., 2006. Thermophilic aerobic wastewater treatment of waste metalworking fluids. *Water and Environment* 20, 227-232.
- [14] El Baradie, M.A., 1996. Cutting fluids: Part I. Characterization. *Materials Processing Technology*. 56, 786-797.
- [15] Greeley, M. and Rajagopalan, N., 2004. Impact of environmental contaminants on machining properties of metalworking fluids. *Tribol Int*, 37, 327 – 332.
- [16] Hach Company., 1997. *Water analysis Handbook*, Hach Company Colorado.
- [17] Januszkiewicz, K.R., Riahi, A.R., Barakat, S., 2004. High temperature tribological behaviour of lubricating emulsions. *Wear* 256, 1050-1061.
- [18] Javvadi Eswara Manikanta, B. Naga Raju, Chitrada Prasad, B.S.S. Phani Sankar. Machining performance on SS304 using nontoxic, biodegradable vegetable-based cutting fluids. *Journal Chemical Data Collections*, V.42, 2022.

- [19] John, J., Bhattacharya, M. and Raynor, P.C., 2004. Emulsions containing vegetable oils for cutting fluid applications, *Colloids Surf A*, 237, 141 – 150.
- [20] Kobya, M., Ciftci, C., Bayramoglu, M., Sensoy, M. T., 2008. Study on the treatment of waste metal cutting fluids using electrocoagulation. *Separation Purification technology* 60, 285 – 291.
- [21] Kurniawan, T.A., Chang, G.Y.S., Wai-Hung, L., Babel, S., 2006. Physico-chemical treatment techniques for wastewater laden with heavy metals. *Chemical Engineering* 118, 83-98.
- [22] Lunkenheimer, K., Zembala, M., 1997. Attempts to study a water evaporation retardation by soluble surfactants. *Colloid Interf. Sci.* 188, 363-371.
- [23] Xiangcheng Luo, Shujing Wu, Dazhong Wang, Yixin Yun, Qinglong An, Changhe Li. Sustainable development of cutting fluids: The comprehensive review of vegetable oil. *Journal Cleaner Production*, V.473, 2024.
- [24] Mahdi, S.M. and Sköld, R.O., 1990. Surface chemistry aspects on the use of ultrafiltration for the recycling of waterbased synthetic metalworking fluids: component studies, *Dispersion Sci Tecnol*, 11, 1 – 30.
- [25] Matlock, M.M., Howerton, B.S., Atwood, D.A., 2002. Chemical precipitation of heavy metals from acid mine drainage, *Water research* 36, 4757-4764.
- [26] Monteiro, M.I., 2006. Tratamento de efluentes oleosos provenientes da indústria metal mecânica e seu reuso. Tese (doutorado) – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de Lorena, p. 148.
- [27] NBR 12614 –. Águas – Determinação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) – método de incubação, 2012.
- [28] Pusavec, F., Kramar, D., Krajnik, P., Kopac, J., 2010. Transitioning to sustainable production – part II: evaluation of sustainable machining technologies. *Cleaner Production* 18, 1211-1221.
- [29] Rossmore, H.W., 1993. Biostatic fluids, friendly bacteria, and other myths in metalworking microbiology. *Lubrication Eng.* 49, 253-260.
- [30] Schoeman, J.J., Novhe, O., 2007. Evaluation of microfiltration for the treatment of spent cutting-oil, *Water SA* 33, 245-248.
- [31] Scholz, W., Fuchs, W., 1999. Treatment of oil contaminated wastewater in a membrane bioreactor, *Water Research* 34, 3621 – 3629.
- [32] Sokovic, M. and Mijanovic, K., 2001. Ecological aspects of the cutting fluids and its influence on quantifiable parameters of the cutting processes. *Materials Processing Technology* 109, 181 – 189.
- [33] Tomala, A., Karpinska, A., Werner, W.S.M., Olver, A., Störi, H., 2010. Tribological properties of additives for water based lubricants. *Wear* 269, 804-810.
- [34] Van der Gast, C.J., Knowles, C.J., Starkey, M., Thompson, I.P., 2002. Selection of microbial consortia for treating metal-working fluids. *Industrial Microbiology e Biotechnology* 29, 20-27.
- [35] Van der Gast, C.J., Thompson, I.P., 2004. Effects of ph amendment on metal working fluid wastewater biological treatment using a defined bacterial consortium. *Biotechnology and Bioengineering* 89, 357-366.
- [36] Van der Merwe, R., Badenhorst, J., Britz, T.J., 2005. Fungal treatment of an edible oil containing industrial effluent. *Microbiology and Biotechnology* 21, 947-953.
- [37] Zimmerman, J.B., Clarens, A.F., Hates, K.F. and Skerlos, S.J., 2003. Design of hard water stable emulsifier systems for petroleum and bio-based semi-synthetic metalworking fluids, *Environ Sci Technol*, 37, 5278 – 5288.
- [38] Zimmerman, J.B., Hayes, K.F. and Skerlos, S.J., 2004. Influence of ion accumulation on the emulsion stability and performance of semi-synthetic metalworking fluids. *Environ Sci Technol*, 38, 2482 – 2490.
- [39] Zhou, P., Huang, J., Li, A.W.F., Wei, S., 1999. Heavy metal removal from wastewater in fluidized bed reactor. *Water Research* 33, 1918-1924.

Autores

JOSÉ HENRIQUE PORTO SILVEIRA (ORGANIZADOR)

Bacharel e licenciado em Psicologia pela UFMG, Especialização em Percepção e Planejamento Urbano. Mestre em Gestão e Auditoria Ambiental, especialização em educação ambiental. Consultor em percepção e educação ambiental. Sócio diretor da Alternativa Educação e Manejo Ambiental.

ABDA NATHALIE PINHO PAULINO

Estudante de Engenharia Civil da UEMA, atualmente no 10º período. Possui experiência em cargos de liderança, como presidente da Empresa Júnior do curso, tendo atuado em diversos estágios, incluindo áreas como hidrogeologia, assessoria de engenharia, gestão de obras. Trabalha atualmente como auxiliar de engenharia na MRV. Desempenhou funções de supervisão de obras, medições, elaboração de laudos técnicos e gestão de equipes. Detém conhecimentos de softwares como AutoCad, Revit, e Pacote Office, bem como cursos técnicos complementares.

ANA LUCY CAPRONI

Possui graduação em Engenharia Florestal pela Universidade José do Rosário Vellano (1984), mestrado em Agronomia (Fitotecnia) pela Universidade Federal de Lavras (1991) e doutorado em Agronomia Fitotecnia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (2001), Pós doutorado pela Universidade de Buenos Aires (2004). Atualmente é professora Titular do Departamento de Gestão Ambiental do Campus de Guajará Mirim da Universidade Federal de Rondônia. Foi Chefe do depto de Agronomia (2008/2009), criou o curso de Engenharia Florestal e foi chefe deste Departamento em 2010 e Diretora Pro Tempore do Campus de Rolim de Moura (2010/2011), vice-diretora pro-tempore no período de setembro de 2021 a janeiro de 2022 e vice-diretora eleita a partir de 7 janeiro de 2022 no campus de Guajará-Mirim até abril de 2022. Tem experiência na área de Recursos Florestais e Engenharia Florestal, com ênfase em Sementes Florestais, atuando principalmente nos seguintes temas: Silvicultura, Paisagismo, Agroecologia, Sistemas Agroflorestais, diversidade, taxonomia de fungos micorrízicos arbusculares, áreas degradadas, ecologia do solo, Trabalho de Conclusão de Curso e Metodologia de Pesquisa.

CATHERINE NOVACOVSKI

Graduada em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal do Paraná.

DANIEL GIOVANI DA SILVA JUNIOR

Atualmente, é estagiário na Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR), atuando na Direção do Campus de Guajará-Mirim. Possui experiência como bolsista de Iniciação Científica (IC) pela FAPERO, no período de 01/04/2023 a 10/01/2024, e como aluno do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) pela UNIR, de 10/01/2024 a 21/08/2024. Desenvolveu atividades de extensão universitária e tem experiência na área de Ciências Ambientais, com ênfase em Ciências Agrárias, atuando principalmente nos temas de quebra de dormência e silvicultura.

EDUARDO AURÉLIO BARROS AGUIAR

Possui Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Estadual do Maranhão (1997), Mestrado em Engenharia Civil (Engenharia de Estruturas) pela Universidade de São Paulo (2000) e Doutorado em Engenharia Civil (Engenharia de Estruturas) pela Universidade de São Paulo (2010). Atualmente é Professor Adjunto da Universidade Estadual do Maranhão. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Estruturas, atuando principalmente nos seguintes temas: ligações viga-pilar, concreto pré-moldado, concreto armado, concreto protendido, análise estrutural.

FERNANDO JORGE CUTRIM DEMÉTRIO

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Estadual do Maranhão (1999), mestrado em Engenharia de Eletricidade pela Universidade Federal do Maranhão (2005) possui Doutorado em

Engenharia pela Universidade Paulista. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Computação Gráfica, atuando principalmente nos seguintes temas: banco de dados georreferenciados e desenvolvimento sustentável. Professor Adjunto IV da Universidade Estadual do Maranhão.

FRANCISCO EDIRLAN DE SOUSA FREITAS

Mestre em Energia e Ambiente pela Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira - UNILAB. Graduado em Química pela Universidade Federal do Ceará - UFC. Já atuou no Laboratório Núcleo de Águas - Lanagua - Vinculado a Departamento de Química Analítica e Físico-Química da UFC, também atuou rede de ensino público do Estado do Ceará. Atualmente faz parte do quadro de funcionários de carreira da Companhia de Água e Esgoto do Ceará - Cagece. Atuando em soluções e inovações tecnológicas, controle operacional de água e esgoto e combate, controle e gestão de perdas na distribuição de água.

GABRIELA OLIVEIRA VALENÇA

Mestranda em Engenharia Ambiental (UFSC). Pós Graduação em Meio Ambiente e Sustentabilidade - Nível Especialização em Negócios, Administração e Direito (FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS - FGV - concluído em 2022). Graduada em Engenharia Ambiental pela Universidade Tiradentes (2020). Analista Ambiental no Parque Tecnológico de Sergipe - SergipeTec (2022). Consultora Ambiental na Raiz Consultoria Ambiental (2021). Estagio curricular na Administração Estadual de Meio Ambiente de Sergipe (ADEMA), (2020). Membro e diretora na Empresa Junior da Universidade Federal de Sergipe (EASY Jr.) com experiência em desenvolvimento de projetos na área ambiental (2019). Capacitação e atuação em Programas de Intercâmbio na Association Internationale des Etudiants en Sciences Economiques et Commerciales (AIESEC Brazil) na área de educação ambiental no Peru (2017) e na Colômbia (2018) e atuando em planejamento e ações em ONGs pela AIESEC Aracaju (2018-2019). Possui conhecimento e domínio oral na fala e escrita das línguas inglesa e espanhola, além de participar de forma ativa na execução de serviços ambientais como PGRS; e contribuir na prospecção de serviços voltados para área, por ter habilidade e experiência em vendas, e nas habilidades referentes a Liderança no Trabalho, adquiridas na AIESEC e EASY Jr., juntamente com equipes multidisciplinares.

HEVRLI DA SILVA CARNEIRO PILATTI

Graduação em Ciência da Computação (2009-2013) e Engenharia Civil (2017-2020), ambas pela Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT. Pós Graduação em Informática e Comunicação na Educação pela Universidade Candido Mendes (2016-2017). Pós-graduação Stricto Sensu em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade (PPGEAS) pelo Instituto Federal Goiano campus Rio Verde (2020-2022). Atuou como professora do Ensino Médio Integrado a Educação Profissional de Informática (EMIEP) pela Seduc/MT, docente auxiliar pela Universidade do Estado de Mato Grosso, Agente do Serviço de Trânsito no Departamento Estadual de Trânsito e participante do Grupo de Pesquisa "Agricultura Familiar, Políticas Públicas e Desenvolvimento Rural Sustentável", certificado pelo Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq.

JAIANE SANTOS SUZARTE

Graduada em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Sergipe.

JANAINA FRACARO DE SOUZA GONÇALVES

Possui graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Maringá, Mestrado e doutorado em Engenharia Mecânica Aeronáutica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica e pós-doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de São Paulo. Desde 2013 atua como professora da UTFPR. Orienta pesquisas nas pós-graduação e na graduação. Tem experiência industrial e acadêmica na área de engenharia mecânica e produção, atuando principalmente nos seguintes temas: análise de desempenho de processos de fabricação, sustentabilidade em processos de fabricação, otimização nos processos de manufatura de indústrias ferramentarias e aplicação da

tribologia com relação ao desenvolvimento de lubrificantes industriais. Possui parcerias com o laboratório de Centro de competência em Manufatura (ITA), RWTH-Aachen ? Alemanha (Fraunhofer) e Instituto Politécnico de Brangança (IPB - Portugal). É coordenado do projeto LONDRIBAJA na UTFPR-Londrina.

JONATHAN GONÇALVES DA SILVA

Professor Adjunto IV da Universidade Federal da Grande Dourados, onde tem desenvolvido suas pesquisas em temas relacionados à transição do Brasil para uma economia de baixo carbono. Além disso, tem estudado, por mais de dez anos, alternativas economicamente viáveis para reduzir o desmatamento nos biomas Amazônia, Cerrado, bem como das emissões de gases de efeito estufa decorrentes desse processo. O Prof. Jonathan Gonçalves da Silva foi pesquisador visitante na Universidade de Monash (Austrália) e é doutor em Economia Aplicada pela Universidade de São Paulo.

JORGE CRESO CUTRIM DEMÉTRIO

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), mestrado em Arquitetura pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e Doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Paulista. Professor Adjunto do Departamento de Engenharia das Construções e Estruturas da Universidade Estadual do Maranhão, foi sócio e responsável técnico de empresa de construção civil, perito judicial, consultor, docente da Universidade Federal do Maranhão e UNDB, já tendo ocupado o cargo de Vice-Reitor do Centro Universitário do Maranhão - Uniceuma. Possui experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Processos Construtivos. Recebeu a Comenda Simão Estácio da Silveira oferecida pela Câmara de Vereadores de São Luís-MA, recebeu o Título de Cidadão Maranhense pela Assembleia Legislativa do Estado do Maranhão, bem como recebeu do Governo do Maranhão o certificado em reconhecimento ao profissionalismo e dedicação que contribuíram para a conquista do 1º lugar no ranking de governos que mais cumpriram seus compromissos.

JOSÉ RODOLFO DANTAS DE OLIVEIRA GRANHA

Possui graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (1994), mestrado em Agronomia (Ciências do Solo) pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (1998) e doutorado em Agronomia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2003). Foi professor do curso de pós graduação de Ciência do Solo e Ambiente, atualmente é Professor Adjunto do curso de Graduação de Gestão Ambiental da Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR) das disciplinas de Gestão de Unidades de Conservação e de Gestão de Recursos Hídricos. Tem experiência em Fertilidade do Solo, Nutrição Mineral de Plantas, Solos Florestais, Desenvolvimento Sustentável, Manejo e Conservação do Solo, Física, Ecologia Geral e Biologia do Solo, atuando principalmente nos seguintes temas: Ecologia matemática, diversidade, ecossistemas brasileiros, manejo e conservação dos solos, classificação dos solos, biologia do solo, fauna do solo e micorrizas.

LEANDRO VINÍCIOS CARVALHO

Possui graduação em Ciências Econômicas pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo, ESALQ/USP, e Mestrado em Economia Aplicada pela Universidade Federal de São Carlos, Campus de Sorocaba. Doutor em Economia Aplicada pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo, ESALQ/USP. Atualmente é Professor na Universidade Federal da Grande Dourados na Faculdade de Administração, Ciências Contábeis e Economia. Tem experiência em Economia na área de Métodos Quantitativos e nos temas de Políticas Macroeconômicas, Sistemas Agroindustriais e Políticas Agrícolas.

LEONARDO NASCIMENTO PASSOS

Graduado em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Sergipe.

MADALENA MARIA SCHLINDWEIN

Bolsista de Produtividade em Pesquisa - PQ-2 e Coordenadora do Grupo de Pesquisa Bioeconomia e Desenvolvimento Socioeconômico Sustentável. Graduada em Ciências Econômicas, pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (2000), Mestre em Economia Rural, pela Universidade Federal do Ceará (2002) e Doutora em Ciências, área de concentração em Economia Aplicada, pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Esalq-USP (2006). Professora e Pesquisadora na Universidade Federal da Grande Dourados (2008), Faculdade de Administração, Ciências Contábeis e Economia. Professora do Quadro Permanente do Programa de Pós-Graduação em Agronegócios da UFGD (2011), com atuação nos Cursos de Mestrado e Doutorado. Tem experiência na área de Economia, Desenvolvimento Sustentável e Análises Interdisciplinares, atuando principalmente nos seguintes temas: desenvolvimento sustentável; bioeconomia; agricultura familiar sustentável; indicadores de sustentabilidade; produção em sistemas agroflorestais; indicadores socioeconômicos; pesquisas de orçamentos familiares; e, custo de oportunidade do tempo da mulher.

MAGNA MARIA MACEDO NUNES COSTA

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba (1993), mestrado em Agronomia (Fitotecnia) pela Universidade Federal do Ceará (1995) e doutorado em Produção Vegetal (Nutrição Mineral de Plantas) pela Universidade Federal de Viçosa (2001). Foi docente da Universidade Federal de Roraima (2005-2010) atuando nas áreas de Fisiologia Vegetal e Nutrição Mineral de Plantas. Atualmente é Pesquisadora A da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária com lotação no Centro Nacional de Pesquisa do Algodão (Campina Grande-PB), atuando nas áreas de Agroecologia e Nutrição Mineral de Plantas.

MAISA BRITO

Graduando em Gestão Ambiental na Universidade Federal de Rondônia. Campus de Guajará-Mirim. Tem experiência em iniciação científica (PIBIC).

MARTA REGINA SILVA PEREIRA

Formada em Ciências Biológicas, sou mestre e doutora em Botânica, com estudos realizados no renomado Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA) e na Universidade de Liège, na Bélgica. Minha especialização abrange Filogenia, Ecologia e Taxonomia da família Calymperaceae da ordem Bryopsida. Além disso, minha pesquisa inclui plantas medicinais e bioprospecção. Atualmente, sou professora na Universidade do Estado do Amazonas (UEA), onde leciono há mais de uma década. Minha expertise em Taxonomia e Florística de Angiospermas é complementada pela vasta experiência em docência universitária, ministrando disciplinas como Botânica e Metodologia da Pesquisa nos cursos de Ciências Biológicas, Agroecologia e Gestão Ambiental. Em 2021, fui laureada com o Prêmio Samuel Benchimol e Banco da Amazônia, reconhecendo minhas contribuições ao desenvolvimento sustentável na região Amazônica. Possuo um histórico sólido na orientação acadêmica, auxiliando estudantes em seus trabalhos de conclusão e projetos de iniciação científica, além de coorientar discentes de mestrado e doutorado. Como membro ativo do Comitê Científico de Produtos Naturais (CABSIN), compartilho meu conhecimento para promover a pesquisa científica e o desenvolvimento sustentável. Atualmente, coordeno um projeto inovador que investiga o potencial biotecnológico de *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb., explorando suas aplicações como alternativa ao mercúrio. Além disso, sou professora visitante no programa de pós-graduação em Recursos Hídricos e pós-doutoranda no programa de pós-graduação em Biotecnologia, ambos na Universidade do Estado do Amazonas. Recebi os títulos de cidadã nos municípios de Manicoré e Manacapuru, bem como o título de Cidadã Amazonense pela Assembleia Legislativa do Estado do Amazonas.

NICOLY GIROTTO MORAIS

Geógrafa pela Universidade Federal de Jataí (UFJ). Atualmente é mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFJ, membra do Laboratório de Geoinformação/UFJ e aluna no grupo

de pesquisa "Monitoramento e Modelagem Ambiental por Geoprocessamento". Tem experiência em Geografia e na pesquisa atua com Geotecnologias aplicadas à Análise Ambiental, com ênfase no espaço do Domínio do Cerrado.

PAULO BELLI FILHO

Formado na primeira turma da Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina (1982). Mestre em Hidráulica e Saneamento pela EESC - USP(1985). Doutorado em Química Industrial e Ambiental - Universite de Rennes I, França (1995). Professor Visitante/Pós-doutorado na Ecole Polytechnique de Montreal (2005). Professor Titular da Universidade Federal de Santa Catarina, junto ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Professor em curso de graduação: Engenharia Sanitária e Ambiental, Zootecnia e Licenciatura Intercultural Indígena. Professor na Pós Graduação em Engenharia Ambiental (Mestrado e doutorado) da UFSC. Supervisor do Laboratório de Efluentes Líquidos e Gasosos - LABEFLU. Bolsista pesquisador nível C no CNPQ. Consultor had hoc da CAPES, CNPQ e fundações estaduais de apoio à pesquisa. Revisor de periódicos nacional e internacional. Projetos, realizados ou financiados ou patrocinados: CNPq, CAPES, FAPESC, FINEP, SCGAS, FUNASA, EMBRAPA, EPAGRI, SINDICARNE, CASAN, PETROBRAS, Prefeituras e setor privado. Possui atuação na área do saneamento ambiental com foco em efluentes líquidos e gasosos, resíduos sólidos, sustentabilidade da suinocultura, Tecnologias sociais, gestão de odores, biogás e energia. Produtor de vídeos da área. Coordenou a Rede Interlaboratorial Brasil-França de Qualidade do ar - BRAFRAIR. Coordena o Núcleo de Tecnologias Sociais para Gestão da Água (TSGA) na UFSC.

RICARDO LUIS LOURO BERBARA

Professor titular, Reitor da UFRRJ (2017-2021) e Reitor eleito mas não empossado (2021-2024). Cientista de Nosso Estado - FAPERJ (2017-) e Pesquisador CNPq. Diretor da Agência de Inovação da UFRRJ (2021-2023). Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ-1983), MSc Ciências do Solo pela UFRRJ (1989) e PhD em Biologia do Solo - University of Dundee, Escócia (1995). Coordenou projetos internacionais junto ao Inter-American Institute for Global Change Research - National Science Foundation (Grant GEO-04523250); CAPES-MES (Cuba); PVE Universidad de Navarra - Espanha (CsemF) e Programa ALFA da Comunidade Européia. Atuou como pesquisador junto às Redes CARBIOMA, SISBIOTA e REPENSA e participa dos cursos de PG em Ciência do Solo e Fitossanidade e Biotecnologia, ambos da UFRRJ. É professor convidado junto a Escuela de Graduados da Facultad de Agronomía da Universidad de Buenos Aires (UBA) desde 2004. Foi membro das Comissões da Verdade; de Ética na Pesquisa; de Biossegurança; do Conselho de Ensino, Pesquisa e Extensão e da Fundação de Apoio à Pesquisa (FAPUR), do Comitê Científico da TIMAC-AGRO (França) e consultor da Korin Centro de Pesquisa (1995-2000). Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade e Biotecnologia Vegetal Aplicada (2015-2016), Chefe do Departamento de Solos (2014-2015) e coordenador do curso de agronomia (1998-2000). Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Microbiologia e Bioquímica do Solo, atuando principalmente nos seguintes temas: ecologia e manejo do solo, micorriza e substâncias húmicas.

RODRIGO DE ALMEIDA MOHEDANO

Doutor em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC -2010), onde desenvolveu também o Pós- Doutorado (PNPD/2010-2015). Possui Mestrado em Aquicultura (UFSC/ 2004) e Graduação em Ciências Biológicas (UFSC/2001). Professor Adjunto no Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC. Desenvolve pesquisas, ensino e extensão nas áreas de gestão e ambiental, saneamento ambiental, avaliação de impactos ambientais, Unidades de Conservação e educação ambiental. Estuda sistemas naturais para o tratamento de efluentes integrando a recuperação de nutrientes, produção de biomassa e redução de GEE.

RONALDO DE ALMEIDA

Graduado em Ciências Biológicas pela Fundação Técnico Educacional Souza Marques (1986), concluiu o mestrado (1997) e doutorado (2004) em Ciências Biológicas (Biofísica Ambiental) no Instituto de Biofísica Carlos Filho da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Professor Titular no

Departamento de Biologia da Universidade Federal de Rondônia (UNIR); Coordenador do Laboratório de Biogeoquímica Ambiental Wolfgang Christian Pfeiffer/UNIR desde 1999 e Bolsista de Produtividade CNPq desde 2006. Nos últimos 15 anos coordenei projetos multidisciplinares e interinstitucionais (CNPq/MCT/PPG7?Fase II; CNPq/CT-Biotecnologia; CNPq/CT-Hidro; CNPq/CT-Saúde e CNPq/Universal).Coordenei de 2007 a 2009 a Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente/UNIR (PGDRA) e atualmente faço parte do seu Colegiado. Participo também dos Programas de Pós-Graduação de Conservação e Uso dos Recursos Naturais/UNIR (PPGReN); de Ecologia e Recursos Naturais/UENF; da Rede BIONORTE e do ProfÁgua. Atuei como chefe do Departamento de Ciências Biológicas/UNIR entre 2010/2012. Atuei como membro do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Pesquisa Translacional em Saúde e Ambiente na Região Amazônica (INCT-INPeTAm) coordenado pelo Instituto de Biofísica Carlos C. Filho da UFRJ. Atualmente integro o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para a pesquisa da Transferência de Materiais do Continente para o Oceano (INCT-TMCOcean) coordenado pelo Prof. Dr. Luiz Drude de Lacerda do Laboratório de Ciências do Mar da UFC. Desenvolvo estudos na área de: Ambiente & Saúde; Biofísica Ambiental; Biogeoquímica de Poluentes e Ecotoxicologia Aquática (Amazônia). Atualmente Bolsista de Produtividade em Pesquisa CNPq-1C.

ROSELAINE BONFIM DE ALMEIDA

Possui graduação em Ciências Econômicas pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), mestrado em Economia Aplicada pela Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto (FEARP-USP) e doutorado em Economia Aplicada pela ESALQ-USP. Atua como Professora Associada I na Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). Professora do Quadro Permanente do Programa de Pós-Graduação em Agronegócios da UFGD, com atuação nos Cursos de Mestrado e Doutorado. Desde o ano de 2022 participa da diretoria da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER) como Representante Regional do Centro-Oeste.

TAISE FERREIRA VARGAS

Graduada em Ciências Biológicas (2005) e Mestre em Biologia Experimental pela Universidade Federal de Rondônia (2008). Doutorado realizado pelo programa da Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal - BIONORTE (2021). Atualmente é membro do Conselho Regional de Biologia 6ª Região. Tem experiência na área de microbiologia, infecção hospitalar, resistência microbiana, tratamento de água e esgoto, qualidade das águas e biofilmes.

THAIS PONHÊS DOS SANTOS LEMOS

Possui graduação em Gestão Ambiental pela Universidade Federal de Rondônia (2013). Participou como bolsista do Programa Institucional de Iniciação Científica (PIBIC) nos anos de 2015, 2016 e 2017, na área de microbiologia do solo. Tem experiência em taxonomia de Fungos Mícorrizicos Arbusculares (FMAs).

WANDERLEY RODRIGUES BASTOS

Graduado em Ciências Biológicas pela Fundação Técnico Educacional Souza Marques (1986), concluiu o mestrado (1997) e doutorado (2004) em Ciências Biológicas (Biofísica Ambiental) no Instituto de Biofísica Carlos Filho da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Professor Titular no Departamento de Biologia da Universidade Federal de Rondônia (UNIR); Coordenador do Laboratório de Biogeoquímica Ambiental Wolfgang Christian Pfeiffer/UNIR desde 1999 e Bolsista de Produtividade CNPq desde 2006. Nos últimos 15 anos coordenei projetos multidisciplinares e interinstitucionais (CNPq/MCT/PPG7?Fase II; CNPq/CT-Biotecnologia; CNPq/CT-Hidro; CNPq/CT-Saúde e CNPq/Universal).Coordenei de 2007 a 2009 a Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente/UNIR (PGDRA) e atualmente faço parte do seu Colegiado. Participo também dos Programas de Pós-Graduação de Conservação e Uso dos Recursos Naturais/UNIR (PPGReN); de Ecologia e Recursos Naturais/UENF; da Rede BIONORTE e do ProfÁgua. Atuei como chefe do Departamento de Ciências Biológicas/UNIR entre 2010/2012. Atuei como membro do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Pesquisa Translacional em Saúde e Ambiente na

Região Amazônica (INCT-INPeTAm) coordenado pelo Instituto de Biofísica Carlos C. Filho da UFRJ. Atualmente integro o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para a pesquisa da Transferência de Materiais do Continente para o Oceano (INCT-TMCOcean) coordenado pelo Prof. Dr. Luiz Drude de Lacerda do Laboratório de Ciências do Mar da UFC. Desenvolvo estudos na área de: Ambiente & Saúde; Biofísica Ambiental; Biogeoquímica de Poluentes e Ecotoxicologia Aquática (Amazônia). Atualmente Bolsista de Produtividade em Pesquisa CNPq-1C.

WELLMO DOS SANTOS ALVES

Doutor e Mestre em Geografia (com ênfase em Geografia Física), além de ter atribuições de bacharel em Geografia (Crea: 21947/D-GO), ambos pela UFG; Engenheiro Agrônomo (Crea-RNP: 1005596280) pelo Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde; Técnico em Agropecuária pelo CEFET de Rio Verde. Atuação: professor permanente no Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Jataí e no Programa de Engenharia Aplicada e Sustentabilidade do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde; coordenador do Laboratório de Ciências Agrárias (LCA) do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde. Linhas de pesquisa "Modelagem do sistema solo-planta-atmosfera e "Geotecnologias aplicadas à análise, planejamento e monitoramento ambiental". Interesse nos seguintes temas relacionados ao ensino, à pesquisa e à extensão: Análise, Monitoramento e Modelagem de Sistemas Ambientais e de Agroecossistemas.

WILLIAN DOS SANTOS FLORES

Doutorando em Agronegócios (UFGD). Mestre em Administração Pública (UFGD). Especialista em Direito Público (Legale), Docência do Ensino Superior (Focus) e Educação a Distância (Alfa América). Bacharel em Administração (UFGD). Atualmente é Técnico-Administrativo em Educação na UFMS. Tem experiência na área de Administração, com ênfase em Administração Pública, atuando principalmente nos seguintes temas: desigualdade de renda, educação a distância, comportamento do consumidor e agronegócios.

www.poisson.com.br
contato@poisson.com.br

@editorapoisson



<https://www.facebook.com/editorapoisson>

