

Edmir dos Santos Jesus  
Antônio Pereira Júnior  
(Organizadores)



**AS MÚLTIPLAS VISÕES  
DO MEIO AMBIENTE E OS  
IMPACTOS AMBIENTAIS  
Volume 4**



**Uniedusul**

EDMIR DOS SANTOS JESUS  
ANTÔNIO PEREIRA JÚNIOR  
(Organizadores)

**AS MÚLTIPLAS VISÕES DO MEIO AMBIENTE  
E OS IMPACTOS AMBIENTAIS – Volume 4**



**Uniedusul**

Maringá – Paraná

2022

2022 Uniedusul Editora

Copyright dos autores

Editor Chefe: Prof. Me. Welington Junior Jorge  
Diagramação e Edição de Arte: André Oliveira Vaz  
Revisão: Os autores

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

M961 As múltiplas visões do meio ambiente e os impactos ambientais /  
Organizadores Edmir dos Santos Jesus, Antônio Pereira Júnior.  
– Maringá, PR: Uniedusul, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-80277-92-6

1. Desenvolvimento sustentável. 2. Meio ambiente. I. Jesus,  
Edmir dos Santos. II. Pereira Júnior, Antônio.

CDD 363.7

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

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

Permitido fazer download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.  
[www.uniedusul.com.br](http://www.uniedusul.com.br)

# PREFÁCIO

A questão ambiental tem sido um tema recorrente no Brasil e no mundo, diante das problemáticas ambientais que estão afetando a vida e a sobrevivência de todos os seres na Terra. A conjugação de diversos fatores está provocando as mudanças climáticas cujos efeitos já se fazem presentes em nosso cotidiano, com a intensificação de desastres e de catástrofes ambientais em todas as nações.

O resultado de um mundo em transformação acelerada, motivado pelos impactos ambientais de origem antrópica, é uma incerteza sobre a sustentabilidade da Terra e o legado que essa geração vai deixar para as futuras gerações. O consumismo exagerado tem afetado fortemente os recursos naturais e os ecossistemas aquáticos e terrestres, o que poderá resultar numa crise de abastecimento, além de afetar a sobrevivência de todas as espécies.

O presente livro intitulado “As Múltiplas Visões do Meio Ambiente e os Impactos Ambientais”, organizado em 12 capítulos pelos professores, Edmir dos Santos Jesus e Antônio Pereira Júnior, surgiu com o propósito de ampliar os debates sobre a crise ambiental, mas com uma proposta inovadora que é a de propor soluções para diversas problemáticas ambientais. Os temas tratados nesta obra são de grande relevância cotidiana, o que amplia sobremaneira sua importância, diante da complexidade ambiental.

O ser humano é o responsável direto pelos problemas ambientais atuais e futuros, por isso, deve se empenhar não apenas para mitigar os impactos da degradação ambiental, mas sim propor soluções para a resolução dos problemas e de suas causas. Esse livro cumpre com maestria esse princípio, pois incorpora as múltiplas visões do meio ambiente, numa atmosfera multidisciplinar e interdisciplinar, e as associa à resolução de diversos problemas ambientais.

Estimado(a) leitor(a), se você se preocupa com a sobrevivência de todos os seres vivos na Terra, procure ler esse livro. Ele tem excelentes trabalhos cuja finalidade principal é propor soluções para uma vida mais sustentável no lugar em que se queira viver.

***Prof. Dr. Altem Nascimento Pontes***

Professor e pesquisador do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Estado Pará

# SUMÁRIO

<b>Capítulo 1</b> .....	<b>8</b>
<b>Eficiência da filtração adsortiva por zeólita em mananciais subterrâneos na Amazônia oriental</b>	
Nathália Cordeiro Fidelis dos Santos	
Aline Souza Sardinha	
Luiz Eduardo Chaves de Azevedo	
João Pedro Silva da Silva	
Carlos José Capela Bispo	
Hyago Elias Nascimento Souza	
Eduardo Ribeiro Marinho	
DOI 10.51324/80277926.1	
<b>Capítulo 2</b> .....	<b>18</b>
<b>Classificação trófica em ambientes límnicos de diferentes regiões do Estado do Pará</b>	
Carlos Otávio Rodrigues dos Santos	
Darlan Wellington Rodrigues Souza	
Edivaldo de Castro Xavier	
Elizabelle de Freitas Ferreira	
Kassia Lopes Teixeira	
Mateus Henrique Trajano Brasil	
Francianne Vieira Mourão	
DOI 10.51324/80277926.2	
<b>Capítulo 3</b> .....	<b>24</b>
<b>Gestão das águas na Amazônia: Panorama, avanços e desafios no Estado do Pará, Brasil</b>	
Karina Miranda de Almeida	
Luana Mariza Moraes dos Santos	
Aline Souza Sardinha	
Verônica Jussara Costa Bittencourt	
Hyago Elias Nascimento Souza	
Carlos José Capela Bispo	
DOI 10.51324/80277926.3	
<b>Capítulo 4</b> .....	<b>34</b>
<b>A SUINOCULTURA E SUA INFLUÊNCIA SOBRE A DISPONIBILIDADE DO FÓSFORO NO SOLO</b>	
Kátia Noronha Barbosa	
Gleidson Marques Pereira	
Bruna Stephane Nascimento da Silva	
Vanessa de Nazaré Sousa e Sousa	
Silmara Neves da Silva	
DOI 10.51324/80277926.4	
<b>Capítulo 5</b> .....	<b>43</b>
<b>Ocorrência de microparasitas em peixes teleóteos da região de cachoeira do Arari ilha de Marajó-PA</b>	
Márcia de Nazaré Sacco dos Santos	
Tallytha de Nazaré Paixão da Silva	
Patrícia de Fátima Saco dos Santos	
Edilson Rodrigues Matos	
DOI 10.51324/80277926.5	

<b>Capítulo 6</b> .....	<b>52</b>
<b>Conhecimento da população em relação ao programa de coleta seletiva no município de Paragominas-PA</b>	
Débora Reis Cordeiro	
Carla Letícia dos Reis Costa	
Darlan Wellington Rodrigues Sousa	
Jordana Silva Rozário	
Alice Maria Ferreira Cardoso	
Francianne Vieira Mourão	
DOI 10.51324/80277926.6	
<b>Capítulo 7</b> .....	<b>62</b>
<b>OS RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS E A COMPOSTAGEM</b>	
Gabriela Brito de Souza	
Milena Brito de Souza	
Raissa Jennifer da Silva de Sá	
Edmir dos Santos Jesus	
Antônio Pereira Júnior	
Gundisalvo Piratoba Morales	
Norma Ely dos Santos Beltrão	
DOI 10.51324/80277926.7	
<b>Capítulo 8</b> .....	<b>71</b>
<b>Identificação de não conformidades da localização de um lixão no município de Barcarena/PA segundo NBR 13.896/97</b>	
Davi Farias da Silva	
Gustavo Gutemberg Gonçalves da Costa	
Ana Paula Simões Castro	
DOI 10.51324/80277926.8	
<b>Capítulo 9</b> .....	<b>82</b>
<b>Consequências socioambientais do descarte inadequado de lixo no Canal da Vileta, localizado na Bacia do Tucunduba, Belém-PA</b>	
Fabianne Mesquita Pereira	
Davi Farias da Silva	
Dênis José Cardoso Gomes	
Rafael Ribeiro Meireles	
José Augusto Carvalho de Araújo	
DOI 10.51324/80277926.9	
<b>Capítulo 10</b> .....	<b>92</b>
<b>Supressão da mata ciliar no entorno de duas nascentes no Rancho Nossa Senhora de Nazaré, assentamento 1º de Março, município de São João do Araguaia, Pará: Sugestões para recuperação</b>	
Antônio Pereira Júnior	
Emayara Leite Sá	
Alessandra Carolina Nery Lobato	
Gundisalvo Piratoba Morales	
Norma Ely dos Santos Beltrão	
DOI 10.51324/80277926.10	
<b>Capítulo 11</b> .....	<b>108</b>
<b>Revisão sistemática de literatura quanto aos aspectos biológicos da simbiose micorrízica arbuscular</b>	
Lucas Leite da Silva	
Milena Pupo Raimam	
DOI 10.51324/80277926.11	

<b>Capítulo 12 .....</b>	<b>128</b>
--------------------------	------------

**Climatologia da precipitação pluvial sobre a mesorregião do Marajó-PA**

Edmir dos Santos Jesus

Nilzele de Vilhena Gomes Jesus

Antônio Pereira Júnior

Altem Nascimento Pontes

DOI 10.51324/80277926.12

<b>SOBRE OS AUTORES .....</b>	<b>139</b>
-------------------------------	------------

<b>SOBRE OS ORGANIZADORES.....</b>	<b>142</b>
------------------------------------	------------

## EFICIÊNCIA DA FILTRAÇÃO ADSORTIVA POR ZEÓLITA EM MANANCIAIS SUBTERRÂNEOS NA AMAZÔNIA ORIENTAL

**NATHÁLIA CORDEIRO FIDELIS DOS SANTOS**

**ALINE SOUZA SARDINHA**

**LUIZ EDUARDO CHAVES DE AZEVEDO**

**JOÃO PEDRO SILVA DA SILVA**

**CARLOS JOSÉ CAPELA BISPO**

**HYAGO ELIAS NASCIMENTO SOUZA**

**EDUARDO RIBEIRO MARINHO**

### INTRODUÇÃO

Diversas propriedades das águas vêm da sua capacidade de desagregar, diferenciando-as pelos tipos de solo que sustentam à bacia hidrográfica, ao qual lhe conferem específicas características geológicas, morfológicas, hidrológicas, cobertura vegetal e, principalmente, às atividades socioeconômicas nelas desenvolvidas (DIAS et al., 2020; LIBÂNIO, 2016).

Nessa perspectiva, os mananciais subterrâneos surgem como um importante recurso hídrico alternativo para abastecimento e consumo humano. Entretanto, mesmo que estes mananciais apresentem uma

expressiva proteção natural contra intempéries e contaminação, eles não estão isentos de fatores naturais ou antrópicos que possam alterar seus parâmetros e desfavorecer sua qualidade para consumo humano (PARRELA; SANTOS, 2016).

Os mananciais subterrâneos podem apresentar significativa concentração de elementos químicos, como o ferro, atribuindo ao corpo hídrico características organolépticas como sensação metálica no paladar, odor desagradável e percepção de cor. Ademais, a presença elevada de ferro no manancial pode favorecer a incrustação em tubulações de rede de abastecimento e o surgimento de microrganismos (MORUZZI; REALI, 2012).

Moraes (2009) explica que devido ao déficit no abastecimento de água potável na Amazônia oriental, uma significativa parte da população busca alternativas de abastecimento (Solução Alternativa Individual - SAI). Essa solução geralmente visa à perfuração de poços individuais tubulares, que em sua maioria não seguem as orientações técnicas de duas Normas Brasileiras Regulamentadoras: n.º 12.212 (ABNT, 1992) e n.º 12.244 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).



Diante desse cenário, alternativas tecnológicas viáveis de tratamento da água de mananciais subterrâneos devem ser investigadas a fim de contribuir ao abastecimento humano de qualidade e atender aos padrões de potabilidade da legislação brasileira (SOUZA et al., 2021). Além disso, diversos métodos de tratamento via processo de adsorção são observados na literatura e devem ser estudados para avaliar sua eficiência em regiões com características naturais específicas (MARINHO et al., 2020).

Diante disso, visando mananciais subterrâneos com elevada concentração de ferro, este estudo investigou a eficiência da remoção deste elemento químico através da técnica de filtração adsorptiva, utilizando como adsorvente a zeólitas ZN 3080, e tendo como referência a Portaria de Consolidação N° 5 de 2017 do Ministério da Saúde, para abastecimento e consumo humano.

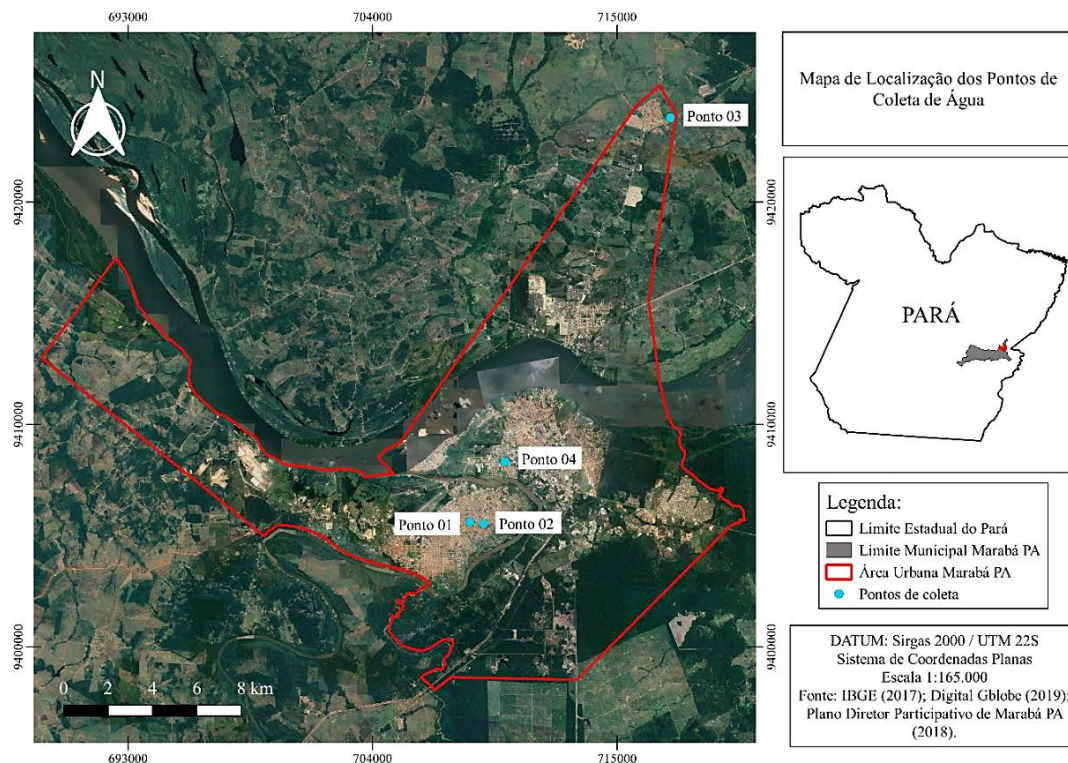
## **METODOLOGIA**

### **Área de Estudo**

A investigação foi realizada na área urbana do Município de Marabá (com as coordenadas geográficas de 5° 22' 12"S, 49° 7' 1"O), pertencente a mesorregião sudeste do estado do Pará e situada na parte oriental da região amazônica brasileira (DIAS et al., 2021). De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população estimada para 2020 é de 283.542 habitantes distribuída em um território de 15.128,058 km<sup>2</sup> (BRASIL, 2020).

Os solos predominantes no município são o Podzólico Vermelho-Amarelo, textura argilosa, Podzólico Vermelho-Amarelo, textura argilosa Plínica e Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico textura média e textura argilosa (IDESP, 2011). Períodos de elevada precipitação pluviométrica ocorrem entre os meses de janeiro a abril, favorecendo a aumento do nível da bacia do rio Itacaiúnas, principal bacia hidrográfica urbana, afluente do rio Tocantins (DIAS et al., 2021).

**Figura 1.** Localização da área urbana do município de Marabá, Amazônia Oriental, e pontos de coleta de água em mananciais subterrâneos.



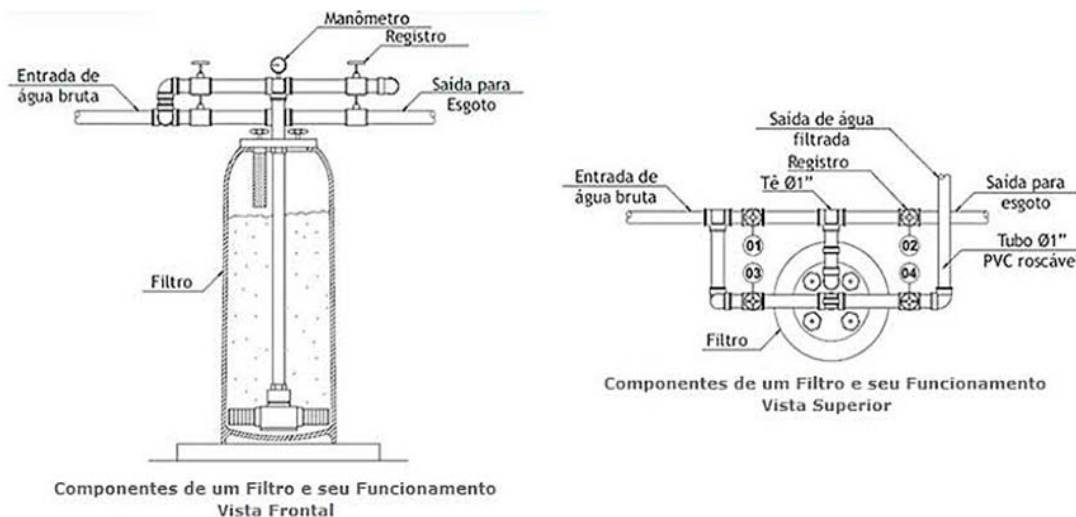
## Procedimentos metodológicos

Foi utilizado como base metodológica experimental, o método de Parrela e Santos (2016). Os procedimentos metodológicos foram realizados em 4 etapas:

- ✓ Caracterização da área de estudo.
- ✓ Coleta de água subterrânea e análises em laboratório.
- ✓ Coleta de dados secundários em fontes oficiais.
- ✓ Análise e interpretação dos resultados.

Na primeira etapa, foram realizadas campanhas em campo em 4 (quatro) poços de abastecimento de água para consumo humano (Figura 1). Todos os poços utilizam, como método de tratamento da água subterrânea, a filtração adsorbtiva via zeólitas ZN 3080. O tanque de filtração, construído a base de fibra de vidro, possui como leito de fundo uma porção de seixo para dar suporte à crepina (dispositivo de drenagem que permite a retenção do material filtrante no interior do tanque), posteriormente o leito filtrante formado por uma camada de zeólita. O fluxo de entrada e saída de água situam-se na parte superior do tanque por meio de válvula (Figura 2).

**Figura 2.** Representação esquemática do processo de filtração adsortiva, utilizando como adsorvente a zeólitas ZN 3080.



Fonte: Naturaltec (2016).

Na segunda etapa, foram definidos dois períodos do ano para realização das coletas de água em cada ponto selecionado, sendo a primeira campanha realizada no período chuvoso da região (novembro a abril), e a segunda campanha no período de estiagem ou seco (junho a setembro). Foram realizadas duas amostragens de água, em cada um dos 4 poços selecionados. Uma coleta de água bruta, na tubulação fixada ao poço freático e outra coleta pós-sistema de tratamento (Figura 2), a fim de avaliar a eficiência do elemento filtrante zeólita ZN 3080 na remoção de ferro durante o tratamento da água.

A metodologia de coleta e análise laboratorial seguiu o *Standard Methods for the Examination of water and wastewater*. Para análise de ferro (Fe) utilizou-se a adaptação do método fenantrolina da *Environmental Protection Agency* (EPA), método 315B, para águas naturais e tratadas, com o equipamento *Checker*® HC – Analisador de ferro da *Hanna Instruments* modelo HI721 (PARRELA, SANTOS, 2016).

Para análise da turbidez, foi utilizado o turbidímetro de bancada microprocessado da MS Tecnopon Instrumentação Científica, modelo TB 1000, com leitura de 0 a 1000 NTU, com princípio de análise e fundamentado no método nefelométrico. As análises de pH foram realizadas via medidor de pH microprocessado e MV de bancada portátil com modelo MPA-210 / MPA-210P, através do método analítico potenciométrico (MARINHO et al., 2020).

Por fim, para a análise de cor o equipamento utilizado foi o Colorímetro Microprocessado Digital Ferro-Cloro-Flúor com o modelo DLA-FCF, via método de colorimetria. Nas etapas finais, foram realizados levantamentos em fontes oficiais do governo federal e estadual a fim de relacionar os dados obtidos na etapa 2 com a legislação vigente sobre qualidade e potabilidade da água para consumo humano (MARINHO et al., 2020). Além disso, a interpretação dos resultados foi realizada a partir da percepção de gestão e tecnologias em saneamento de Souza et al. (2021).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados analíticos obtidos nos quatro pontos de amostragem considerando a água bruta e após o sistema de tratamento via filtração adsorbtiva com zeólitas ZN 3080, no período de estiagem e período chuvoso de Marabá, PA (Tabela 1).

**Tabela 1** - Caracterização dos parâmetros da água bruta e tratada via filtração adsorbtiva com zeólitas ZN 3080, e eficiência de remoção de ferro em 4 poços de manancial subterrâneo durante período de estiagem e período chuvoso de Marabá, PA.

PONTO 01					
Período de estiagem					
Parâmetro	Unidade	Água Bruta	Água após Tratamento	VMP*	Eficiência
Ferro	mg/L	1,85	0,3	0,3	83,78%
pH	-	6,3	6,03	6,0 a 9,5	-
Turbidez	NTU	4,34	0,88	5	-
Cor Aparente	µH	38	0	15	-
Período chuvoso					
Parâmetro	Unidade	Água Bruta	Água após Tratamento	VMP*	Eficiência
Ferro	mg/L	1,73	0,3	0,3	82,65%
pH	-	6,45	6,15	6,0 a 9,5	-
Turbidez	NTU	4	0,62	5	-
Cor Aparente	µH	27	0	15	-
PONTO 02					
Período de estiagem					
Parâmetro	Unidade	Água Bruta	Água após Tratamento	VMP*	Eficiência
Ferro	mg/L	0,2	0,00	0,3	100%
pH	-	5,75	5,7	6,0 a 9,5	-
Turbidez	NTU	5,69	0,73	5	-
Cor Aparente	µH	5	0	15	-
Período chuvoso					
Parâmetro	Unidade	Água Bruta	Água após Tratamento	VMP*	Eficiência
Ferro	mg/L	0,63	0,00	0,3	100%
pH	-	6	5,98	6,0 a 9,5	-
Turbidez	NTU	6,05	0,43	5	-
Cor Aparente	µH	15	0	15	-

PONTO 03					
Período de estiagem					
Parâmetro	Unidade	Água Bruta	Água após Tratamento	VMP*	Eficiência
Ferro	mg/L	2,05	0,05	0,3	97,56%
pH	-	6,08	5,94	6,0 a 9,5	-
Turbidez	NTU	0,91	0	5	-
Cor Aparente	µH	29	0	15	-
Período chuvoso					
Parâmetro	Unidade	Água Bruta	Água após Tratamento	VMP*	Eficiência
Ferro	mg/L	1,49	0,25	0,3	83,22%
pH	-	6,24	5,8	6,0 a 9,5	-
Turbidez	NTU	0,75	0	5	-
Cor Aparente	µH	20	0	15	-
PONTO 04					
Período de estiagem					
Parâmetro	Unidade	Água Bruta	Água após Tratamento	VMP*	Eficiência
Ferro	mg/L	0,49	0,02	0,3	95,91%
pH	-	5,50	5,29	6,0 a 9,5	-
Turbidez	NTU	0	0	5	-
Cor Aparente	µH	2,99	0	15	-
Período chuvoso					
Parâmetro	Unidade	Água Bruta	Água após Tratamento	VMP*	Eficiência
Ferro	mg/L	1,04	0,3	0,3	71,15%
pH	-	5,9	5,75	6,0 a 9,5	-
Turbidez	NTU	2,07	0	5	-
Cor Aparente	µH	5	0	15	-

\* Valor Máximo Permitido (Anexo XX da Portaria de Consolidação N° 5 do Ministério da Saúde, de 28 de setembro de 2017).

Por meio da análise dos pontos (01 e 03) foi possível observar que os parâmetros ferro e cor aparente apresentaram valores elevados quando comparados aos teores máximo permitidos do ministério da Saúde. Os maiores valores foram observados no período seco (junho a setembro) na região. Segundo Marinho et al. (2020) essa característica, em valores elevados, pode estar relacionada com a maior concentração de parâmetros na água, em períodos com menos chuvas na região amazônica. Bahia et al. (2011), verificaram situação semelhante, na sua investigação as amostras de ferro analisadas em pontos

específicos apresentaram valores médios de  $1,56 \text{ mgL}^{-1}$  no período chuvoso, passando para  $3,64 \text{ mgL}^{-1}$  no período de estiagem.

Verificou-se no ponto 02 que no período menos chuvoso, uma pequena alteração para o pH (levemente abaixo do VMP) e Turbidez (levemente acima do VMP). Entretanto, para o período chuvoso, a alteração em valores, se deram nos parâmetros ferro e turbidez (ambos com valores acima do VMP). Jeppesen et al. (2015), explica que por mais que diminua a carga externa de nutrientes sobre o curso d'água em virtude de redução da quantidade de chuvas em uma determinada região, a carga interna aumenta, pois, há uma maior concentração dos mesmos no meio. Freddo Filho (2018) confirmou essa afirmação ao obter um leve aumento de  $0,2 \text{ mgL}^{-1}$  de ferro, em uma região com a mesma formação geológica da área de estudo em período chuvoso, situação justificada pelo processo de lixiviação causada pelo contato da água com o solo.

No ponto 04 foi possível observar valores de ferro e pH inadequados ao consumo humano em ambos os períodos de análise. Maiores concentrações de ferro e pH mais ácidos foram observados, sobretudo, no período de estiagem. Após comparação com os resultados de Bahia et al. (2011) verifica-se que valores de pH entre 4,63 e 5,51 no período chuvoso e 4,46 e 5,53 no período de estiagem, podem ser justificados pelas características geológicas da região amazônica. Regiões favoráveis a significativas ocorrências de lixiviação e presença de elementos químicos com baixa mobilidade, como o ferro, sugerem características de águas mais ácidas.

Segundo Silva et al. (2017) a caracterização de águas subterrâneas sofre influência das características geoambientais do território onde o município está localizado, sobretudo sobre as peculiaridades geológicas dos aquíferos (DIAS et al., 2020). Recentes pesquisas, realizadas no território de Marabá, evidenciam o afloramento de unidades geológicas do Cretáceo Superior (Formação Ipixuna), Mioceno (Formação Barreiras) e Pliopleistoceno (Sedimentos Pós Barreiras) (RABELO et al., 2017).

Em estudos semelhantes, Santos e Bulhões (2017), mapearam a qualidade das águas subterrâneas em um município do Rio de Janeiro onde do mesmo modo apresentou a característica do Grupo Barreiras e destacou a interação solo-água-rocha na forma de sedimentos detríticos intemperizados, contendo argilas de características ferruginosas. Segundo o Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2013), o sistema aquífero Barreiras apresenta como característica o alto teor de ferro. Seu uso para abastecimento e consumo humano faz-se necessário aplicação de técnicas de remoção deste elemento.

Vale ressaltar que, a água com alto teor de ferro pode ocasionar sabor metálico desagradável, manchar tecidos de roupas e prejudicar instalações hidráulicas, bem como incrustações e obstruções que podem favorecer a diminuição de vazão e redução de vida útil de poços (SILVA et al., 2017). Todos os parâmetros analisados das águas tratadas via filtração adsorbtiva com zeólitas ZN 3080, apresentaram resultados satisfatórios de acordo com o Ministério da Saúde. Similarmente, Parrela e Santos (2016) obtiveram êxito na remo-

ção de ferro (0,36 mgL<sup>-1</sup> para 0,08 mgL<sup>-1</sup>), cor aparente (>5,0 µH para 5,0µH) e turbidez (2,0 NTU para 1,2 NTU) em sistema de tratamento composto por zeólita em seu leito filtrante. Bem como, em análises pós-tratamento obtiveram resultados de potencial hidrogeniônico inferiores aos de pré-tratamento (7,2 para 7,07).

O estudo de Paz (2016), ao avaliar a eficiência de remoção de ferro e manganês por filtração adsortiva, também obtiveram resultados similares a este estudo. Houve a diminuição da concentração de ferro (0,30 mg/L para 0,02 mg/L), cor aparente (redução de 93,90%), turbidez (redução de 98,65%) e pH (decréscimo médio de 0,26) após tratamento adsortivo. Os dados obtidos antes e após tratamento estão semelhantes aos obtidos por Filho et al. (2018) onde propôs a zeólita como alternativa de remoção de ferro em águas subterrâneas, reduzindo de 4,38 mg/L para 2,38 mg/L.

## CONCLUSÃO

Os dados obtidos e analisados sugerem que há eficiência no uso da zeólita ZN 3080 no tratamento da água de manancial subterrâneo, garantindo qualidade para abastecimento e consumo humano conforme preconiza os padrões de potabilidade da Portaria de Consolidação N° 5, do Ministério da Saúde. Ademais, outros estudos devem ser realizados na perspectiva de analisar outros poços de abastecimento de água, incluindo também a área rural do município de Marabá, e utilizando ferramentas estatísticas para melhor robustez de análise e interpretação dos resultados. Essas informações poderão contribuir significativamente às tomadas de decisão da gestão pública municipal para projetos de engenharia em saneamento que visem promover abastecimento de água potável de qualidade para a população de Marabá.

## REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR n.º 12.212**, de abril de 1992. Disponível em: ABNT NBR 12212 NBR12212 Projeto de poço tubular para captação de (normas.com.br). Acesso em: 20 dez. 2021.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR n.º 12.2442**, de março 2006. Disponível em: ABNT NBR 12244 NBR12244 Poço tubular - Construção de poço tubular (normas.com.br). Acesso em 20 dez. 2021.

BAHIA, V. E.; FENZI, A.; LEAL.; L. R. B.; MORALES, G. P. LUIZ, J. G. Caracterização hidrogeoquímica das águas subterrâneas na área de abrangência do reservatório de abastecimento público do Utinga – Belém (PA). Águas Subterrâneas, v. 25, n.º 1, pp. 43-56, 2011.

BRASIL. **Resolução CONAMA n° 396**, de 03 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Disponível em < <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>>, acessado em 20 nov. 2019.

BRASIL. **Portaria nº 5** de 28 de setembro de 2017, Dispõe sobre a consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Disponível em <[https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/29/PRC-5-Portaria-de\\_Consolida----o-n---5--de-28-de-setembro-de-2017.pdf](https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/29/PRC-5-Portaria-de_Consolida----o-n---5--de-28-de-setembro-de-2017.pdf)>, acessado em 20 nov. 2019.

DIAS, F. G.; LIMA, A. M. M.; SILVA, S. V.; SOUZA, H. E. N. Diagnóstico geoambiental da paisagem da bacia hidrográfica do rio Acará, Amazônia Oriental. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, pp. 320-342, 2020.

DIAS, M. B.; GALINA, N. R.; ALVES, C. N. Mapeamento da suscetibilidade a inundações em áreas urbanas: estudo de caso no município de Marabá, sudeste do estado do Pará, região norte do Brasil. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n.º 6, pp. 347-359, 2021.

FREDDO FILHO, V. J. **Qualidade das águas subterrâneas rasas do aquífero barreiras: estudo de caso em Benevides –PA**. 2018. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal do Pará, PA, 2018.

IBGE. **Diretoria de pesquisas, Coordenação de População e Indicadores sociais, Estimativa da população residente com data de referência para 2020**. Disponível em < <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pa/maraba.html> >, acessado em: 16 jun. 2020.

IDESP. **Estatística Municipal** Disponível em < <http://iah.iec.pa.gov.br/iah/fulltext/georeferenciamento/maraba.pdf> >. Acessado em: 16 jun. 2020.

JEPPESEN, E.; BRUCET, S.; NASELLI-FLORES, L.; PAPASTERGIADOU, E.; STEFANIDIS, K. *et al.* Impactos ecológicos do aquecimento global e da captação de água em lagos e reservatórios devido a mudanças no nível da água e mudanças relacionadas a salinidade. **Hydrobiologia**, v. 750, n.º 1, pp. 201-227, 2015.

MARINHO, E. R.; VITORINO, M. I.; BARBOSA, I. C. C.; COSTA, L. G. S.; SANTOS, M. R. S. *et al.* As atividades Antrópicas na Modulação da Qualidade de Água do rio Guamá, em São Miguel do Guamá, Pará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n.º 1, pp. 182-195, 2020.

MORAES, L. C. J. **Abastecimento de água na cidade de Marabá – Pará**. 2009. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Naturais e Desenvolvimento Local) – Núcleo de Meio Ambiente, Universidade Federal do Pará, Belém, PA, 2009.

MORUZZI, R. B.; REALI, M. A. P. Oxidação e remoção de ferro e manganês em águas para fins de abastecimento público ou industrial: uma abordagem geral. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 4, n.º 1, p. 29-43, 2012.

PARRELA, L. S.; SANTOS, D. C. T. **Avaliação da eficiência do elemento filtrante zeólita na remoção de ferro e manganês no tratamento de água para consumo humano**. 2016. Artigo (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Centro Universitário UMA, Belo Horizonte, MG, 2016.

PAZ, E. C. **Análise da eficiência de remoção de ferro e manganês de águas de abastecimento por filtração adsortiva**. 2016. Monografia (Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Estadual de Ponta Grossa. PR, 2016.

RABELO, S. A.; SILVA, A. S.; PINHEIRO, A. V. R. Mapeamento Geológico em Escala de 1: 25.000 na Região de Marabá-PA. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA, 1. 2017, Pará. **Anais eletrônicos**. Disponível em: SILVIOANGELORABELO.pdf (unifesspa.edu.br). Acesso em: 20 dez. 2021.

SANTOS, J. C.; BULHÕES, C. E. Mapeamento da qualidade da água subterrânea rasa através de índice físico-químico em Campos dos Goytacazes, RJ. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA E APLICADA. 17. 2017. São Paulo. **Anais eletrônicos**. Disponível em: <https://ocs.ige.unicamp.br/sbgfa/article/download/2018/1519>. Acesso em 20 dez. 2021.



SILVA, E. R. M.; COSTA, L. G. S.; SILVA, A. S.; SOUZA, E. C.; BARBOSA, I. C. Caracterização físico-química, Química e quimiométrica de águas subterrâneas dos aquíferos Pirabas e Barreiras em municípios do estado do Pará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n.º 3, pp. 1026-1041, 2017.

SOUZA, H. E. N.; MARINHO, E. R.; BISPO, C. J. C.; SILVA, E. M.; PEREIRA JÚNIOR, A.; SARDINHA, A. S. Saneamento rural no estado do Pará: panorama, gestão e tecnologias alternativas para municípios costeiros. In: PANIAGUA, S. E. S. (Org.) **Engenharia Sanitária**. Ponta Grossa: Athena, 2021, cap. 11, pp. 157-169, 2021.

# CLASSIFICAÇÃO TRÓFICA EM AMBIENTES LÍMNICOS DE DIFERENTES REGIÕES DO ESTADO DO PARÁ

**CARLOS OTÁVIO RODRIGUES DOS SANTOS**

veis na eutrofização (AGUIAR et al., 2015; ALVES et al., 2017).

**DARLAN WELLINGTON RODRIGUES SOUZA**

**EDIVALDO DE CASTRO XAVIER**

**ELIZABELLE DE FREITAS FERREIRA**

**KASSIA LOPES TEIXEIRA**

**MATEUS HENRIQUE TRAJANO BRASIL**

**FRANCIANNE VIEIRA MOURÃO**

Assim como, as particularidades das águas são influenciadas pelo escoamento superficial devido a precipitação atmosférica e pela impregnação no solo, decorrente da precipitação atmosférica. Em características antrópicas, de modo centralizado, são contaminados pelos derramamentos de resíduos domésticos e industriais, ou de modo espalhado, no decorrer da prática de defensivos agrícolas no solo, por amostras, sucedendo em um regime de eutrofização (SOARES; SCHRÖDER, 2015).

## INTRODUÇÃO

Ao processo de enriquecimento por nutrientes dá-se o nome de eutrofização, que pode ocorrer de forma natural, mas o despejo de efluentes domésticos e a lavagem de solos agrícolas que apresentam nutrientes carregados pela precipitação são fortes fatores que aumentam o processo. Em virtude disto, o Índice de Estado Trófico (IET) é um utensílio matemático, apto para ordenar o grau de trofia de um corpo hídrico, classificando a qualidade da água quanto ao acúmulo de nutrientes e a ligação com acréscimo das algas e de macrófitas favorá-

Ademais, as condições de utilização e ocupação do solo estabelecem uma condição ao curso hídrico, tendo potencial de degradação acentuado, sobretudo, se considerado a ocorrência de demasiada precipitação regional, visto que o transporte e carreamento de sedimentos, nutrientes e matéria orgânica ao leito do rio pode resultar em problemas irreversíveis, como impedir a predisposição de autodepuração do rio (ANDRIETTI et al., 2016).

Desse modo, os resíduos industriais e o esgoto doméstico, juntos, são as principais fontes urbanas de sobrecarga de nutrientes, responsáveis por 50% da quantidade total

de Fósforo (P) descarregado em lagos, a partir de assentamentos humanos. Assim como, o carreamento de sedimentos oriundos de fertilizantes utilizados em culturas agrícolas também é um aspecto que tem conduzido os corpos hídricos a estados de desequilíbrio em disponibilidade de nutrientes (KHAN; MOHAMMED, 2014; MIRANDA et al., 2015).

Além disso, o IET, pode ser utilizado para avaliar a qualidade do meio aquático, baseado no aumento da infestação de macrófitas e nutrientes que são variáveis congruentes ao equilíbrio do corpo hídrico, visto que o monitoramento da qualidade é relevante para que sejam definidos parâmetros mitigadores ou preventivos para a diminuição do grau trófico (MENDES, 2017; OLIVEIRA, 2018).

Um dos principais impulsionadores desses problemas é o enriquecimento do corpo hídrico com *inputs* de nitrogênio (N) e fósforo (P) e os custos mais gerais da eutrofização relacionam-se ao aumento da medida para tratamento de água, quantidade reduzida de propriedades à beira-mar, perda de valor de amenidade e biodiversidade. Os nutrientes podem se manifestar em diversos fatores, como drenagem superficial de solos de bacia hidrográfica, vestígios da agropecuária e despejos de efluentes urbano-industriais (SILVA et al., 2014; WHITERS et al., 2014).

Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo discutir os IET's de seis regiões com ecossistemas aquáticos: Flona Tapajós, Curuauna, BR-163, Assentamento PA-Moju, Reservatório Bolonha e Furo do Miriá, localizados em diferentes áreas do estado do Pará.

## MATERIAIS E MÉTODOS

De acordo com exposto por Prodanov e Freitas (2013), o método utilizado da pesquisa é classificado como dedutivo, pois parte de valores reconhecidos como uma verdade absoluta e indiscutíveis, a exemplo os níveis tróficos de eutrofização. Conforme escreveram Sakamoto e Silveira (2014), a natureza da pesquisa é básica, já que tem o objetivo de criar conhecimentos, necessários para o avanço científico, sem a prevista aplicação prática, com abordagem quantiquantitativa, através do uso de dados secundários.

Para a coleta de dados foi utilizado o procedimento bibliográfico, visto que, foi desenvolvida a partir de documentos já elaborado possuindo Identificador de Objeto Digital (DOI—sigla em inglês) e/ou Número de Série Padrão Internacional (ISSN- sigla em inglês), constituído principalmente de periódicos científicos disponíveis no banco de dados bibliográficos do Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e da *Scientific Electronic Library Online* (SciELO). O recorte temporal situou-se entre 2014 e 2018 (AUGUSTO et al., 2013).

Para analisar e qualificar os dados obtidos foi utilizado a ferramenta o Índice de Estado Trófico (IET), pois ele permite a classificação quanto ao grau de trofismo dos corpos hídricos, e contribuir à avaliação quanto a qualidade da água em relação a quantidade de nutrientes nela contida, bem como a relação dessa quantificação com o crescimento de algas e macrófitas aquáticas (Tabela 1)

**Tabela 1.** Valores e as categorias para os índices de Estado Tróficos (IET) empregadas nessa pesquisa.

Valores	Categorias	Características
$\leq 47$	Ultraoligotrófico	Apresentam corpos hídricos limpos, produtividade de nutrientes muito baixa e com reles concentração de nutrientes sem prejuízos ao seu uso.
$47 < \text{IET} \leq 52$	Oligotrófico	Corpos hídricos limpos, com baixa produtividade de de nutrientes, sem distorção sobre seu uso, decorrentes da presença de nutrientes.
$52 < \text{IET} \leq 59$	Mesotrófico	Corpos hídricos com média produtividade de nutrientes, com possíveis consequências sobre a qualidade da água, mas na maioria dos casos com níveis aceitáveis.
$59 < \text{IET} \leq 63$	Eutrófico	Corpos hídricos com alta produtividade de nutrientes em condições naturais, com perda da transferência, em sua maioria afetada por atividades humanas, com ocorrência de indesejáveis alterações da qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferência nos mais variados usos.
$63 < \text{IET} \leq 67$	Supereutrófico	Corpos hídricos com baixa produção em condições naturais, de baixa transparência em sua maioria afetados por atividades humanas, com corriqueiras alterações indesejáveis na qualidade da água, com eventos de florações de algas, e interferências nos seus variados usos.
$> 67$	Hipereutrófico	Corpos hídricos bastante afetados pelas altas concentrações de Matéria Orgânica (MO) e nutrientes, comprometendo o uso, com consequências de eventos de florações de algas e mortes de peixes, com consequências indesejáveis para seus variados usos, incluindo na pecuária perto de rios.

Fonte: Adaptado de Soares e Schröder (2015). CETESB (2013).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os estados tróficos dos pontos analisados na Flona Tapajós, Curuauna, BR-163, Assentamento PA-Moju, Reservatório Bolonha e Furo do Miriá (Figura 2) variaram de ul-

traoligotrófico, com predominância para os igarapés da Flona Tapajós, até hipereutrófico, com ocorrência na região do Furo do Muriá.

**Tabela 2.** Valores e Categorias quanto ao Índice de Estado Trófico no período seco e chuvoso, nas áreas analisadas. Pará.

Locais pesquisados	Sazonalidades			
	Período seco		Período chuvoso	
	Ponderação	Categoria	Ponderação	Categoria
Flona Tapajós	44	Ultraoligotrófico	44	Ultraoligotrófico
Curuá-Una	42	Oligotrófico	48	Mesotrófico
BR-163	47	Mesotrófico	47	Ultraoligotrófico
PA-Moju	48	Mesotrófico	58	Mesotrófico
Muriá	54	Supereutrófico	57	Mesotrófico
Bolonha	73	Hipereutrófico	62	Eutrófico

Legendas					
Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Supereutrófico	Hipereutrófico

Fonte: Adaptado a partir de Alves et al (2017), Mendes et al., (2017) e Oliveira (2018); CETESB (2013)

Na Flona Tapajós, o IET durante a estação seca oscilou de 41 a 47 (= 44,7), e na estação chuvosa oscilou de 39 a 48 (= 44,0). Sua classificação é ultraoligotrófico para ambos os períodos. Isto ocorre devido a provável carga orgânica baixa presente nos seus corpos hídricos, consequência, principalmente, da baixa antropização na região. Nesse sentido, a redução na quantidade de nutrientes no corpo hídrico advindos por atividades antrópicas é um fator fundamental para estes valores de IET, conforme afirmam Silva et al. (2014).

Em Curuá-Una, o IET para o período seco oscilou de 41 a 45 (= 42,0), e para o período chuvoso a oscilação se deu entre 46 e 54 (= 48), e isso pode estar relacionado a uma maior antropização na área, pois segundo Aguiar et al. (2015), a diversidade no uso e ocupação do solo na localidade, como a agricultura familiar, criação de animais, dentre outros, colaboram no *input* de fósforo nos corpos hídricos e, conseqüentemente, para o aumento do IET.

A região da BR-163, município de Santarém, obteve valores oscilando entre 50 e 45 para o período seco e 45 e 53 para o período chuvoso, com médias de 47 para ambos os períodos, ou seja, são classificados como ultraoligotrófico. Esta via serve para escoamento de soja e grande parte da agricultura ali praticada é mecanizada, ou seja, esta área é bastante antropizada, o que pode ter influenciado os valores do IET, informações que corroboram a literatura de Alves et al. (2017).

No assentamento PA-Moju, os valores oscilaram entre 52 e 69 (=58,5), durante o período seco, classificando-se como mesotrófico, e no período chuvoso os valores oscilaram entre 44 e 61 (= 48), classificando-se como oligotrófico. Segundo Aguiar et al. (2015), os

valores refletem a diversificação nos usos da água pelos colonos, os quais a retiram diretamente dos mananciais, dessa forma, a retirada da mata ripária para facilitar o acesso aos mananciais acabou por expor mais o corpo hídrico à luz solar, o que promoveu aumento da taxa fotossintética de algas durante a estiagem, além disso, o *input* de nitrogênio e fósforo advindos de fertilizantes utilizados na região também podem influenciar no aumento do número de algas.

O IET do Furo de Muriá apresentou valores no período chuvoso que oscilaram de 56 a 60 (= 57), e no período seco variaram de 52 a 59(= 54). Esses valores mostram que no período em que houve maior taxa de precipitação o corpo hídrico está classificado como mesotrófico e eutrófico. No período seco o ambiente teve valores de nível mesotrófico. Assim, verifica-se que no período de maior aporte fluvial o IET apresentou valores um pouco mais elevados do que no período seco (ALVES et al 2017).

No reservatório Bolonha, o IET apresentou valores médios no período chuvoso de 62, o que permite classificar o mesmo em eutrófico, e no período seco a ponderação IEP foi de 73, classificando-se como hipereutrófico. Segundo Oliveira (2018), esses valores foram causados possivelmente devido a elevada produção de nutrientes causada por altas concentrações de matéria orgânica, o que pode acarretar impactos negativos para a qualidade da água como, por exemplo, a bioacumulação.

## CONCLUSÃO

O IET mostra-se uma ferramenta útil para mensuração do nível de trofia de corpos hídricos e caracterizar a relação com o seu derredor, nesse sentido, os locais estudados apresentaram níveis de trofia que variaram de acordo com a localização, na qual pontos que estão mais próximos de áreas antropizadas tendem a apresentar maior IET. Além do mais, observou-se que, no período chuvoso, não necessariamente o valor do IET será maior que no período seco, o que sugere um maior *input* de sedimentos carregados pela água da chuva, os rios apresentam maior capacidade de autodepuração desses sedimentos e, em função disso, há um aumento no volume dessa variável hídrica.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR, C. P. O.; PELEJA, J. R. P.; SOUSA, K. N. S.; GOCH, Y. G. F.; GUIMARÃES, A. S. Nível de trofia em microbacias hidrográficas sob diferentes usos de solo, na região amazônica. **RBRH**. Porto Alegre v. 20, n.º4, pp. 1093–1102, 2015.

ALVES, W. S.; SANTOS, L. N. S.; MEDEIROS, V. S.; AQUINO, D. S.; MORAIS, W. A. *et al.* Avaliação Da Qualidade Da Água E Estado Trófico Do Ribeirão Das Abóboras, Em Rio Verde – Go, Brasil. **Geociências**. v. 36, n.º 1, pp. 13-29, 2017.

ANDRIETTI, G., FREIRE, R., AMARAL, A. G., ALMEIDA, F. T., BONGIOVANI, M. C., SCHNEIDER, R. M. Índices de qualidade da água e de estado trófico do rio Caiabi, MT. **Revista Ambiente e Água** vol. 11, n.º 1, 2016.

AUGUSTO, C. A.; SOUZA, J. P.; DELLAGNELO, E. H. L.; CARIO, S. A. F. Pesquisa qualitativa: rigor metodológico no tratamento da teoria dos custos de transação em artigos apresentados nos congressos da Sober (2007-2011). **Revista de Economia e Sociologia Rural**. Brasília v. 51, n.º 4, 2013

CETESB. Índice de Estado Trófico (IET). 2013. Disponível em: [www.cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp/contet/uploads/sites/12/2013/11/04.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp/contet/uploads/sites/12/2013/11/04.pdf). Acesso em: 20 dez. 2021.

MENDES, R. M. D. L. ; NEVES, R. R. ; MOURAO, F. V. ; SOUSA, A. C. S. R. ; SANTOS, M. L. S. ; OLIVEIRA, I. F.; SOUSA, M. S. ; TEIXEIRA, L. C. G. M.; SOUSA, P. H. C. Índice de estado trófico no canal de mare furo do Muriá (PA). In: XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Curuçá PÁ. Florianópolis. ABRH, v. 1, p. 1 - 7. 2017.

MIRANDA, M. V. T.; SANTOS, M. L. S.; PEREIRA, J. A. R.; MESQUITA, K. F. C. Índices de qualidade da água da Ilha de Mosqueiro-PA. **Revista DAE**. v. 27, n.º 3, pp. 74-81, 2015.

OLIVEIRA, I. F. **Investigação da condição trófica do reservatório de abastecimento de água Bolonha**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Instituto de Tecnologia, UFPA, Belém, PA, 2018.

SILVA, G. S.; SANTOS, E. .A. S.; CORRÊA, L. B.; MARQUES, A. L. B.; MARQUES, E. P.; SOUZA, E. R.; SILVA, G. S. Avaliação integrada da qualidade de águas superficiais: grau de trofia e proteção da vida aquática nos rios Anil e Bacanga, São Luís (MA). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n.º 3, pp. 245-250, 2014.

SOARES, G. SCHRÖDER, N. T. Análise do estado trófico de uma bacia de acumulação em um complexo industrial. **Revista de Iniciação Científica da Ulbra**. Canoas, v. 1, n.º 13, p. 2018-231, 2015.

WITHERS P. J. A., NEAL, C.; JARVIER H. P.; DOODY, D. G. Agriculture and Eutrophication: Where Do We Go from Here? **Sustainability**. v. 6, p. 5853-5875. 2014.

# GESTÃO DAS ÁGUAS NA AMAZÔNIA: PANORAMA, AVANÇOS E DESAFIOS NO ESTADO DO PARÁ, BRASIL

**KARINA MIRANDA DE ALMEIDA**

**LUANA MARIZA MORAIS DOS SANTOS**

**ALINE SOUZA SARDINHA**

**VERÔNICA JUSSARA COSTA BITTENCOURT**

**HYAGO ELIAS NASCIMENTO SOUZA**

**CARLOS JOSÉ CAPELA BISPO**

## INTRODUÇÃO

Percorrido mais de 20 anos da promulgação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e da Lei Águas (Lei nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997) no Brasil, onde se determinou que a gestão dos Recursos Hídricos (RH) deve ser realizada através de 3 eixos (descentralização, participação e integração), percebe-se ainda a não efetividade desta política, favorecendo às falhas na concretização da sua estrutura, principalmente no processo de descentralização (TRINDADE; SCHEIBE, 2019).

A perspectiva de uma crise hídrica global observada em vários países sugere um significativo aumento de conflitos rela-

cionados à escassez de água potável. Nesse contexto, o Brasil pode ser considerado como privilegiado, pois em seu território encontra-se aproximadamente 12% da água doce mundial, distribuída desproporcionalmente pelas regiões do país. (TAVARES; NUNES, 2019).

É na região Norte do Brasil que se encontra a maior disponibilidade *per capita* de água doce do país. A alta vazão específica dos copos hídricos associada à baixa densidade populacional da região confirma a abundância desse recurso no norte brasileiro. O rio Amazonas, por exemplo apresenta aproximadamente 455 mil m<sup>3</sup>/hab. ano; as sub-bacias dos rios Araguaia e Pará, aproximam-se de 150 mil m<sup>3</sup>/hab. ano (BORDALO, 2017).

Este cenário correlaciona-se negativamente com os dados sobre abastecimento de água disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Nota-se que os estados que integram a Amazônia brasileira apresentam índices de abastecimento muito abaixo da média nacional, onde o Pará posiciona-se no último lugar dentre os demais estados amazônicos (LOPES et al., 2013; BORDALO, 2017).



Diante disso, a avaliação da efetividade e das ferramentas da PNRH é fundamental e necessária a fim de compreender o porquê o avanço da gestão de águas na Amazônia não está ocorrendo. A partir da observação desse déficit atrelado ao abastecimento de água, nasce uma motivação de estudar a gestão dos RH e a participação da gestão pública estadual no contexto do planejamento para gestão e regulação desses recursos (PARDINI et al., 2013).

Portanto, este trabalho investigou a implementação da PNRH e as estratégias de gestão dos recursos hídricos no estado do Pará, com objetivo de apresentar um panorama atual da gestão na perspectiva dos desafios e avanços identificados. Além disso, propõem estratégias de gestão a partir do panorama observado.

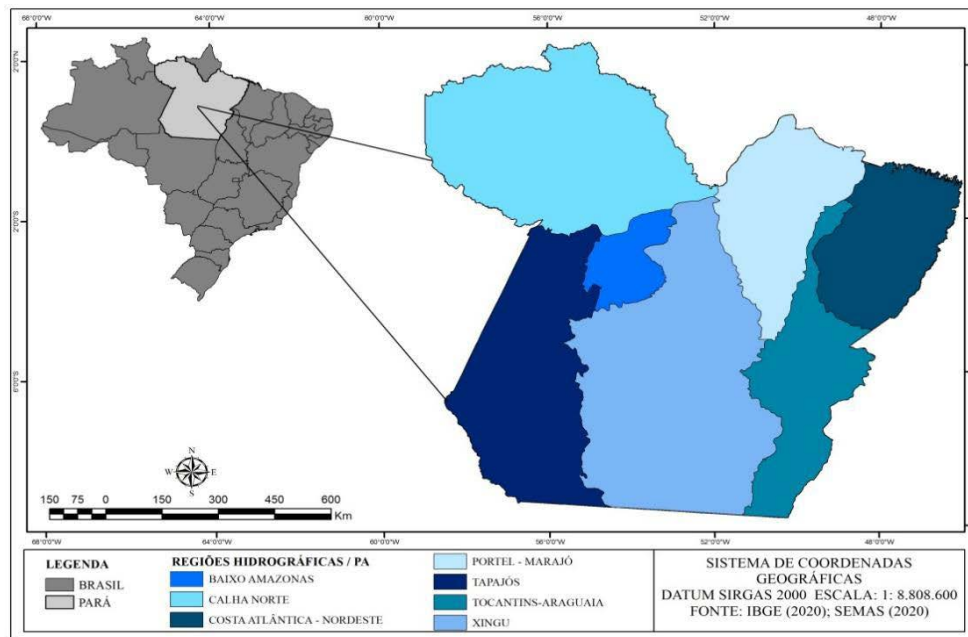
## **METODOLOGIA**

### **Recorte geográfico**

A partir de observações das mudanças no uso e cobertura do solo na região amazônica por atividades antrópicas que, conseqüentemente podem afetar negativamente a qualidade ambiental das bacias hidrográficas, adotou-se como recorte geográfico de investigação o estado do Pará, considerando o déficit em abastecimento de água e a poluição dos corpos hídricos em decorrência do uso do solo observado em todo Estado (PEREIRA JUNIOR et al. 2020; LOPES et al. 2013).

O estado do Pará, situado na Amazônia brasileira, possui extensão territorial de 1.246.000 km<sup>2</sup> e 144 municípios (IBGE, 2019). De acordo com a Resolução nº 30/2002 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos e com a Resolução nº 04/2008 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos foi estabelecida a divisão entre as regiões hidrográficas do estado do Pará (BRASIL, 2002). Sendo definidas, portanto, sete (7) regiões hidrográficas (macrorregiões): Calha Norte, Xingu, Tapajós, Baixo Amazonas, Portel-Marajó, Tocantins-Araguaia e Costa Atlântica-Nordeste (Figura 1).

**Figura 1.** Mapa das Macrorregiões Hidrográficas do estado do Pará.



Fonte: autores (2021)

### Procedimentos metodológicos

Através de uma metodologia exploratória, de caráter qualitativo (FREITAS, JABBOUR, 2011), a investigação foi direcionada as estratégias de gestão dos recursos hídricos adotadas no estado do Pará.

Adotou-se o método dialético (GIL, 2008) para avaliação e análise de conteúdo da literatura através de uma coleta de dados em fontes bibliográficas de referência científica (*Google Scholar*, *SciElo*, dentre outros), portais de notícias regionais, além de informações técnicas oficiais fornecidas pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Estado do Pará (SEMAS).

Nesse sentido, o procedimento metodológico foi definido em três etapas:

- Análise de conteúdo das principais legislações, notícias e informações técnicas relacionadas à gestão dos RH, em nível federal e estadual;
- Avaliação e discussão sobre os tópicos-chave na perspectiva da efetividade, desafios e avanços da gestão de RH no Estado;
- Proposição de estratégias alternativas a partir dos desafios identificados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Panorama da gestão das águas no estado do Pará

#### *Políticas e planos de gestão dos recursos hídricos*

A Política Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Pará (PERH), bem como o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SEGRH), instituídos através da Lei nº 6.381/01, foi elaborada de acordo com os princípios, objetivos e diretrizes da PNRH, onde a PERH é considerada como um dos progressos legislativos mais significativos ao gerenciamento e regulação dos recursos hídricos no Estado (PARÁ, 2001).

O SEGRH é constituído e gerenciado por um conjunto de instituições deliberativas como o Conselho Estadual de Recursos Hídricos, a Secretaria Executiva do Conselho Estadual dos Recursos Hídricos, os Comitês de Bacias Hidrográficas, as Agências de Bacias Hidrográficas, dentre outras autarquias estaduais e municipais (PEREIRA JUNIOR et al., 2020; DIAS et al., 2017). No entanto, até o ano de 2019, o Pará apresentava apenas o Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Marapanim (CBHRM), criado via Decreto nº 288, de 3 de setembro de 2019, atendendo até 12 municípios da Costa Atlântica-Nordeste (PARÁ, 2019).

A PERH estabelece como instrumentos de gestão os planos de recursos hídricos, a outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos, enquadramento dos corpos de água em classes, a cobrança pelo uso dos recursos hídricos, a compensação aos municípios, o sistema estadual de informações sobre recursos hídricos e, a capacitação, desenvolvimento tecnológico e educação ambiental (TRINDADE, SCHEIBE, 2019).

De acordo com o PERH, o Plano Estadual dos Recursos Hídricos do estado do Pará é um instrumento de gestão norteador elaborado ao gerenciamento e efetividade da PERH. Apresentam em seu escopo diagnósticos que descrevem a gestão atual dos recursos hídricos, cenários futuros em prognósticos e perspectivas de regulação (PARÁ, 2001).

Em maio de 2021, o Conselho Estadual de Recursos Hídricos aprovou o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) do estado do Pará. A Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS) preside o Conselho Estadual de Recursos Hídricos, composto este, por 15 representantes do setor público e 14 membros da sociedade civil organizada e usuários de recursos hídricos do Estado (AGENCIA PARÁ, 2021).

Para elaboração do Plano foram desenvolvidos grupos de trabalho, estudos e consultas públicas, inclusive online (motivadas pela pandemia do Covid-19) que permitiram a consolidação do diagnóstico, do prognóstico, e das diretrizes e projetos dos Recursos Hídricos, projetado para as sete Macrorregiões Hidrográficas do Estado (AGENCIA PARÁ, 2021).

A gestão dos recursos hídricos do Pará, em todo o processo de elaboração, foi baseada nos debates promovidos nas consultas públicas realizadas nas cidades polo das quatro macro áreas do processo participativo de construção do plano (Altamira, Belém, Marabá e Santarém) que tiveram participação de representantes da sociedade civil, integrantes do poder público e dos usuários dos recursos hídricos (PARÁ, 2019; DIAS et al., 2017).

Por fim, estabelecido pela Lei nº 6.381/2001, o Plano Estadual orienta a gestão de recursos hídricos no Pará, estabelecendo políticas públicas regionais na gestão desses recursos, sendo composto principalmente por três elementos de gestão: diagnóstico, prognóstico e programas/ações (PEREIRA JUNIOR et al., 2020).

#### Enquadramento, outorga, sistema de informação e capacitações

O enquadramento dos corpos d'água é instrumento essencial para proporcionar água potável e com qualidade superávit à demanda, bem como atuar na prevenção e controle da poluição dos corpos hídricos. Entretanto, o estado do Pará ainda não possui um enquadramento dos seus recursos hídricos, sendo suas águas doces classificadas de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005 como classe 2 (BRASIL, 2005; PEREIRA JUNIOR et al., 2020).

De acordo com a SEMAS, a ausência de enquadramento dos corpos d'água deve-se a quatro principais fatores: a não existência de monitoramento oficial, dificultando análises quantitativas e qualitativas dos mananciais; a não existência de Comitês de Bacias, colaboradores significativos à implementação desse instrumento; ausência de dados de monitoramento/fiscalização; e o déficit de informações ambientais sobre os corpos hídricos da Amazônia (PARÁ, 2012).

Além do enquadramento, a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos também é considerada essencial. De acordo com Milaré (2020), essa outorga é um ato administrativo que faculta aos particulares e aos prestadores de serviços públicos o uso das águas, em condições preestabelecidas e por tempo determinado. Este instrumento, portanto, é utilizado pelo Estado à gestão efetiva sob o domínio das águas estipulado na Constituição de 1988.

O instrumento de outorga do direito de uso dos recursos hídricos foi elaborado com o objetivo de “assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água”, conforme se depreende do artigo 11º, da PNRH.

Diante disso, o uso dos recursos hídricos, seja para despejo de efluentes, utilização para hidrelétricas, retirada de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou para fins industriais, é passivo de outorga do direito de uso dos recursos hídricos, consoante preconizado no artigo 12º, da PNRH.

Para Ercolani et al. (2021), toda outorga deve seguir linhas de preferências de uso estabelecidas nos Planos de Recursos Hídricos e deverá respeitar a classe em que o corpo de água estiver enquadrado e a manutenção de condições adequadas ao transporte hidro-

viário, quando for o caso, além de preservar o seu uso múltiplo, de acordo com o estipulado no caput e parágrafo único do artigo 12º da PNRH.

Ao se trata de outorga advinda da União, seu domínio é efetuado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), quando se tratar do âmbito Estadual ou do Distrito Federal, está se procederá por meio dos órgãos indicados em suas respectivas leis, como estabelece o artigo 14 da PNRH (SANTOS, CUNHA, 2013).

No estado do Pará, a política estadual trata da outorga nos art. 11 aos 18, enquanto a Resolução nº 003 de 2008 do CERH caracteriza mais através das diretrizes gerais e define melhor o objetivo de exercício de acesso à água, destacando os limites de cada região hidrográfica.

Dias et al. (2017) discutem a similaridade de usos outorgáveis entre a legislação do estado do Pará e a legislação federal, e destacam o uso dos recursos hídricos como fator logístico (hidrovias), devida o expressivo volume e extensão dos corpos d'água da região amazônica.

Vale ressaltar que 81% do predomínio de outorgas é direcionado à captação e uso de água subterrânea, seguido pela captação e uso de água superficial (16%) e ao lançamento de efluentes líquidos com apenas 3% (SEMAS, 2012). Mesmo sendo observado um número relativamente baixo de outorgas vigentes, este instrumento é considerado um significativo avanço na gestão das águas do estado do Pará (DIAS et al., 2017; SANTOS, CUNHA, 2013).

Assim, visto que à água é um elemento indispensável para toda e qualquer forma de vida, sendo assegurado constitucionalmente no caput artigo 225, os avanços na gestão e regulação dos recursos hídricos deve ser contínuo e efetivo a fim de proteger e conservar este recurso às futuras gerações e garantindo o exercício do direito de acesso a toda população (ERCOLANI et al., 2021).

Para garantir e assegurar a efetiva regulação e gestão dos recursos hídricos, a PERH institui a cobrança monetária pelo uso deste recurso natural. Portanto, os valores de uso a serem cobrados são calculados considerando a finalidade de uso, a classificação do corpo hídrico, e a caracterização de efluentes a serem lançados (BARBOSA et al., 2016).

Legalmente, a definição e base de cálculos das taxas para cobrança pelo uso dos recursos hídricos devem ser definidas via comitês de bacias de cada região. No entanto, a ausência de comitês de bacias no estado do Pará ainda é uma realidade e, diante disso, as taxas, regulação e fiscalização são definidas pela SEMAS de acordo com as Unidades de Padrão Fiscal da Secretaria de Estado da Fazenda.

Visando a perspectiva de transparência, o estado do Pará possui o Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos (SEIRH), regulamentado pela Resolução nº 12, de 27 de maio de 2010 (PARÁ, 2010). Atualmente o sistema encontra-se disponível via por-

tal na web. Vale ressaltar que algumas informações no portal se apresentam indisponíveis, devida à ausência de dados.

Por fim, ações de capacitação técnica, desenvolvimento tecnológico e educação ambiental são realizadas, no estado do Pará, de acordo com a demanda de cada região. Destacando-se principalmente ações direcionadas ao planejamento e gestão local dos recursos hídricos, de forma participativa e integrada (PARÁ, 2019).

### **Avanços e desafios da Política Estadual Recursos Hídricos frente ao cenário nacional**

Os avanços da gestão das águas no estado do Pará vêm ocorrendo diferentemente aos demais estados do Brasil. Devida suas especificidades econômicas, geográficas, sociais e ambientais de cada Macrorregiões Hidrográficas do Estado. Apesar das expressivas bacias hidrográficas localizadas no seu território, o Pará foi um dos últimos estados a elaborar sua política e aprovar seu plano de gestão (ERCOLANI et al., 2021; BARBOSA et al., 2016).

Pereira Junior et al., 2020, ao investigarem a legislação das águas da região norte do Brasil, concluíram que a jurisprudência da água nos sete estados da região norte foi elaborada com base na PNRH e envolve as Políticas Estaduais, Planos e Sistemas de gestão de recursos hídricos; portanto, não há déficit legal na região norte em relação aos recursos hídricos.

Ademais, os estados do norte não possuem proteção legislativa de suas nascentes, exceto no estado do Amapá; sendo, portanto, vulneráveis a extinção, principalmente quando ocorre desmatamento da vegetação do entorno e lixiviação de sedimentos do solo favorecendo o assoreamento. Diante disso, a proteção e conservação de nascentes pode ser considerado insatisfatório no estado do Para e nos demais estados da região norte do Brasil (PEREIRA JUNIOR et al., 2020).

Em relação aos desafios na gestão dos recursos hídricos foram observados aspectos positivos e negativos da gestão no estado do Pará. O Quadro 1 demonstra os desafios que limitam e interferem na execução efetiva da gestão das águas no Pará.

**Quadro 1.** Desafios dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos no estado do Pará.

<b>Instrumento</b>	<b>Desafios</b>
Outorga	Número de outorgas incompatível com a quantidade de empreendimentos no Estado; Baixo índice de outorga para lançamento de efluentes.
Comitês de Bacia	Falta de comitês de bacias no Estado (no momento existe apenas um)
Plano Estadual de Recursos Hídricos	Lentidão para aprovação do PERH.
Cobrança dos recursos hídricos	Ausência de taxas para tipos de usos mais específicos dos recursos hídricos e lançamento de efluentes.
Sistema Estadual de Informações de Recursos Hídricos	Dificuldade de acesso a informações específicas de corpos hídricos e bacias hidrográficas, que dependem de variáveis como monitoramento, programas de qualidade da água e espacialização de dados.
Enquadramento de Recursos Hídricos	Escassez de estudos com ênfase à qualidade da água e ações de monitoramento; Expressiva extensão territorial do Estado e de bacias hidrográficas.

A partir dos desafios observados no Quadro 1, foram propostas algumas alternativas a fim de contribuir na gestão dos recursos hídricos do estado do Pará.

- ✓ Programa de extensão para criação e estruturação de comitês de bacia nas sete regiões do Estado;
- ✓ Aplicação efetiva das diretrizes do Plano Estadual de Recursos Hídricos;
- ✓ Criação de programa de educação ambiental com ênfase aos usuários dos recursos hídricos voltado ao uso sustentável e conservação dos mananciais;
- ✓ Fortalecer o SEIRH através de uma rede de monitoramento associada a outras instituições (universidades públicas, prefeituras, ONG's, associações, dentre outros), bem como manutenção e atualização contínua do sistema;
- ✓ Inclusão da Avaliação Ambiental Estratégica (AAE) como instrumento da PERH no processo de uso dos recursos hídricos, elaboração e execução de grandes obras (Ex.: hidroelétricas, estações de tratamento de água) a fim de priorizar a dimensão ambiental frente aos investimentos socioeconômicos.

## CONCLUSÃO

Frente aos instrumentos da PERH, o estado do Pará apresenta avanços significativos na sua aplicação estratégica e efetiva, onde apenas o Plano de Recursos Hídricos e o Sistema Estadual de Recursos Hídricos apresentam-se com os maiores desafios de execução. Para o avanço efetivo da gestão das águas no estado do Pará, é necessário o

fortalecimento dos instrumentos previstos na PERH, bem como uma gestão pública integrada entre as esferas governamentais.

Além disso, o fortalecimento também deve ser priorizado na capacitação técnica de servidores (efetivos ou temporários) das instituições de gerenciamento, fiscalização, monitoramento e pesquisa atuantes no Estado a fim de promover uma qualificação que promova independência na gestão local e regional dos recursos hídricos.

## REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional De Água. **Aspectos Legais e Institucionais da Gestão de Recursos Hídricos**; Fortaleza, CE. 2015.

BARBOSA, F. D.; HANAI, F. Y.; SILVA, F. P. R. Participação, representação e representatividade no processo de tomada de decisão em Comitês de Bacia Hidrográfica: conceitos, reflexões e discussões. **Sustentabilidade em Debate**, v. 7, n.º 3, p. 34-36, 2016.

BORDALO, C. A. O paradoxo da água na região das águas: o caso da Amazônia brasileira. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, v. 21, n.º 1, pp. 120-137, 2017.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 8 jan.º 1997.

BRASIL. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] União**. 18 de março de 2005.

DIAS, N.º M.; MORALES, G. P.; BELTRÃO, N. E. S. Política dos Recursos Hídricos no Pará: a evolução do instrumento de outorga de direito de uso dos recursos hídricos. **Revista Contribuciones a Iás Ciencias Sociales**, Espanha, pp. 1-20, 2017.

ERCOLANI, K. M.; PLAUTZ, N.; CALGARO, C. O instrumento de outorga dos recursos hídricos. **Revista de Direito da Faculdade Guanambi**, v. 8, n.º 1, e334-e334, 2021.

FREITAS, W. R. S; JABBOUR, C. J. C. Utilizando estudo de caso(s) como estratégia de pesquisa qualitativa: boas práticas e sugestões. **Estudo & Debate**, Lajeado, v. 18, n.º 2, pp. 07-22, 2011.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades e Estados. Pará. 2019. **Disponível em**: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-estados/pa/>>. Acesso em: 20 fev. 2020.

LOPES, M. N.º G.; SOUZA, E. B.; FERREIRA, D. B. S. Climatologia regional da precipitação no estado do Pará. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 12, n.º 9, pp. 84-102, 2013.

MILARÉ, E. **Direito do Ambiente**. 12 ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2020.

PARÁ. Lei nº 6.381 de 25 de julho de 2001. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Estado**. n.º 029.507, de 27 de julho de 2001.



PARÁ. Decreto nº 2.070 de 20 de fevereiro de 2006. Regulamenta o Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CERH. **Diário Oficial [do] Estado**, de 20 de fevereiro de 2006.

PARÁ. Conselho Estadual dos Recursos Hídricos. Resolução nº 004 de 03 de setembro de 2008. Dispõe sobre a divisão do estado em regiões hidrográficas e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Estado**. n.º 31.246, de 03 de setembro de 2008.

PARÁ. Conselho Estadual dos Recursos Hídricos. Resolução nº 005, de 03 de setembro de 2008. Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Estado**. n.º 31.246, de 03 de setembro de 2008.

PARÁ. Conselho Estadual dos Recursos Hídricos. Resolução nº 12, de 27 de maio de 2010. Regulamenta o Sistema Estadual De Informações Sobre Recursos Hídricos. **Diário Oficial [do] Estado**. n.º 31.793, 18 de novembro de 2010.

PARÁ. Decreto nº 276 de 02 de dezembro de 2011. Regulamenta o Conselho Estadual de Recursos Hídricos, substituindo o Decreto nº 2.070, de 20 de fevereiro de 2006. **Diário Oficial [do] Estado**. n.º 32.049, de 05 de dezembro de 2011.

PARÁ. Decreto nº 288 de 03 de setembro de 2019. Institui o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Marapanim (CBHRM), e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Estado**. n.º 33.971, de 04 de setembro de 2019.

PARÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente. **Resoluções, Outorgas estaduais, 2019**. Disponível em: <<http://monitoramento.semas.pa.gov.br/seirh/#/SecaoTematica/1>>. Acesso em: 4 mai. 2020.

PARÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente. **Sistema Estadual de Informações Sobre os Recursos Hídricos do Pará, 2019**. Disponível em: < <http://monitoramento.semas.pa.gov.br/seirh/#/inicio>>. Acesso em: 28 fev. 2020.

PARDINI, D. J.; GONÇALVES, C. A.; CAMARGOS, L. M. M. A água - governança pública de recursos hídricos: manifestações dos stakeholders em Minas Gerais. **Reuna**, Belo Horizonte, v. 18, n.º 4, pp. 37-56, 2013.

PEREIRA JUNIOR, A.; PEREIRA, E. R.; SARDINHA, A. S.; MOREIRA, D. A.; RIBEIRO, R. P. *et al.* Water Legislation and Surface Waters in the Northern Region. **European Modern Studies Journal**, v. 4, n.º 1, pp. 20-45, 2020.

TAVARES, I. N.; NUNES, P. C. C. Sustentabilidade na engenharia: aproveitamento hídrico no Distrito Federal. **Revista Tecnologias em Projeção**, Distrito Federal, v. 10, n.º 2, pp.111, 2019.

TRINDADE, L. L.; SCHEIBE, L. F. Gestão das águas: limitações e contribuições na atuação dos comitês de bacias hidrográficas brasileiros. **Ambiente & Sociedade**, v. 22, PP. 01-20,2019.

# A SUINOCULTURA E SUA INFLUÊNCIA SOBRE A DISPONIBILIDADE DO FÓSFORO NO SOLO

**KÁTIA NORONHA BARBOSA**

**GLEIDSON MARQUES PEREIRA**

**BRUNA STEPHANE NASCIMENTO DA SILVA**

**VANESSA DE NAZARÉ SOUSA E SOUSA**

**SILMARA NEVES DA SILVA**

## INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca na produção de suínos, sendo atualmente o quarto maior produtor mundial de carne suína, ficando atrás apenas da China, União Europeia e dos Estados Unidos (ABCS, 2014). Somente no segundo trimestre de 2017, foram abatidas 10,62 milhões de cabeças de suínos (IBGE, 2017).

A inserção da indústria no processo produtivo da suinocultura contribuiu para melhoramento das raças de suínos e consequente da técnica do sistema de manejo, empregando-se altas tecnologias nas áreas de nutrição, sanidade e ampliação da escala de produção gerando, como efeito colateral, grande produção de dejetos. Dado ao seu

potencial poluidor, esses resíduos requerem tratamentos específicos estabelecidos por leis de proteção ambiental, no entanto, em alguns casos isso não ocorre, devido também à própria inadequada capacitação dos produtores em relação ao gerenciamento deles.

A carne suína é a mais produzida no mundo e o Brasil vem se consolidando para ampliar sua participação no mercado, apresentando-se como grande importância socioeconômica, responsável pela geração de milhões de empregos e movimentando a cadeia agropecuária, além de contribuir para a fixação do homem no campo (LIMA, 2015). O sistema intensivo de suínos criados ao ar livre (SISCAL) é um modelo de criação que vem crescendo no Brasil, dentre outros fatores pelo bom desempenho técnico e baixo custo e manutenção (COSTA et al., 1994). Porém, o problema é resultado da ação dos animais sobre o solo e do tempo de ocupação da área, sendo recomendado a rotação da área total de 2 a 3 anos (PERDOMO et al., 2001).

No Brasil o tipo de produção mais comum são os Sistemas Intensivos em confinamento, caracterizado pela concentração de animais, alta produtividade e aplicação

tecnológica. Porém, o grande volume de efluentes dificulta e onera sua destinação ambientalmente adequada (CERINI, 2012). O grande desafio para a produção sustentável exige agregação de conhecimento ecológico, agrônomo e socioeconômico, ou seja, a construção de sistemas agroecológicos, capazes de utilizar recursos disponíveis e renováveis, a partir da reciclagem de nutrientes, bem como a conservação da biodiversidade (FEIDEN, 2005).

Os efluentes da suinocultura são constituídos por fezes, urina, restos de ração, água desperdiçada do bebedouro, pelos, dentre outros (BERTONCINI, 2011). Dentre os variados constituintes químicos dos dejetos de suínos, o fósforo é o nutriente que merece atenção pela sua importância. É essencial para os animais, para o solo e o desenvolvimento das plantas, devido às suas funções bioquímicas e fisiológicas (BASSO, 2005). Porém, embora seja importante para o solo, sob o ponto de vista nutricional das plantas, preocupa com relação ao uso demasiado do solo como descarte de efluente, haja vista o potencial de impacto ambiental de causar alteração da qualidade deste recurso ambiental (KONZEN et al., 2005).

Barros et al. (2005), avaliando as características químicas de solo em função da adição de água residuária de suinocultura observaram, em solos sem e com ARS, que aos 96 dias de incubação a ocorrência de decréscimo do pH com o aumento da temperatura até 30°C. Entretanto, o acúmulo de fósforo é ainda mais impactante para os corpos hídricos, pois o excesso de nutrientes na água possibilita a proliferação de bactérias que promovem o fenômeno da eutrofização das águas superficiais (BASSO, 2005).

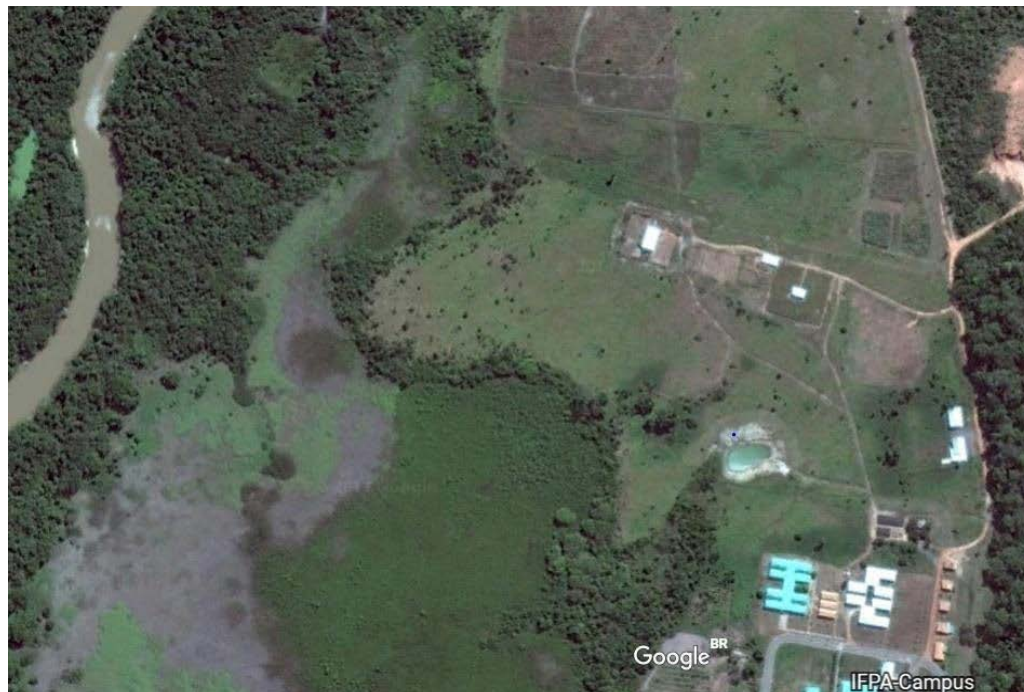
Neste sentido, faz-se necessário o conhecimento do comportamento deste elemento no solo, ou seja, a sua dinâmica para pensar as melhores propostas à destinação dos efluentes dos suínos, com vistas à prevenção da poluição dos recursos ambientais. Assim, este trabalho tem o objetivo de avaliar a disponibilidade de Fósforo no solo como agente poluidor produzidos por efluentes de suinocultura.

## **METODOLOGIA**

O presente trabalho foi conduzido no Município de Marabá – PA, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - Campus Rural de Marabá (IFPA-CRMB), sob as coordenadas de latitude sul 05°33'57" e longitude oeste 49°06'10", que desenvolve a criação de suínos, dentre outras atividades ligadas a prática de ensino-pesquisa e extensão. O IFPA/CRMB localiza-se na bacia Araguaia Tocantins nas proximidades do rio Sororó. O clima regional é tropical e segundo a classificação de Köppen, do tipo Aw, com temperatura média de 27.0 °C e pluviosidade média anual de 1.837 mm. O relevo da área é caracterizado como plano com suaves ondulações.

O solo é caracterizado do tipo latossolo amarelo, apresenta textura arenosa, classificada como areia franca (Atterberg), com teor de argila inferior a 20%, de acordo (CQFS RS/SC, 2004). A localização da área está descrita na (Figura 1).

**Figura 1.** Localização da área. Marabá, Pará.



Fonte: Google EARTH.

A área pesquisada possui uma suinocultura de pequeno porte com capacidade para 80 animais, com 2 baias para lactação, 2 baias creche, 2 baias para gestação, 4 baias para reprodução e terminação com área total de 120m<sup>2</sup>. O manejo de lavagem das baias é feito no período entre às 07:00 e às 9:00 horas, os dejetos são destinados por gravidade para o solo, da própria área de pastejo.

A partir de dados de análises químicas de solo já existentes da área, partiu-se para a amostragem do solo. Estes dados são referentes a anos anteriores à implantação da granja (2011 e 2014) disponível no acervo do CRMB, que serviu de testemunha para comparação da dinâmica dos teores de P na área. Neste período, a área não sofreu influência antrópica, adubação química ou manejo agrícola, sendo que as características químicas do solo foram utilizadas como referência para comparação com as atuais.

Nas áreas amostrais, foram coletadas amostras em quatro profundidades no perfil do solo (0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm), utilizando-se amostragem aleatória. No momento da coleta, os solos das áreas de pastejo possuíam histórico de três anos de disposição de efluentes de suínos. As coletas foram realizadas no dia 17/03/2017, com auxílio de um trado holandês até a profundidade de 40 cm, coletando-se dez subamostras para cada profundidade, totalizando quatro amostras compostas para cada área amostral. As amostras

de solo foram enviadas para o Laboratório de solos SOLOCRIA Laboratório Agropecuário Ltda, para análise química.

Foi realizada amostragem do efluente bruto no dia 18/04/17. No momento da coleta, foi utilizado um frasco de vidro contendo solução de ácido sulfúrico para análise de Demanda Química do Oxigênio (DQO) fósforo (P) e Nitrogênio (N). A coleta foi realizada no cano de descarga na saída da instalação da granja para o solo e enviada para o laboratório de análises de água e efluentes. Para avaliar a disponibilidade do P no solo determinou-se a quantidade de P adicionada ao solo pelos efluentes, multiplicando-se o volume de efluentes produzidos por dia pelo teor de P no efluente bruto lançado no solo.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 1. QUANTIFICAÇÃO DOS DEJETOS PRODUZIDOS

A quantificação do volume de dejetos produzidos, utilizou-se a média dos animais pré-determinados para a produção preconizada por Oliveira (1993), e descritos de acordo com a categoria animal e o sistema produtivo (Tabela 1).

**Tabela 1.** Volume de dejetos produzidos por dia. Marabá, Pará.

Categoria	Qtd. de suínos	Qtd. de dejetos (L/d)	Total de dejetos (L/d)
Rep./Cachaços	02	9	18
Cob./Gestante	03	16	48
Creche	30	1,4	42
Amamentando	03	27	81
Cresc./Terminação	30	7	210
<b>Total</b>	<b>68</b>		<b>399</b>

Fonte: adaptado de Oliveira (1993)

O volume de efluentes produzidos foi estimado em aproximadamente 400 litros por dia (Figura 2).

**Figura 2.** Local de descarte dos efluentes. Marabá, Pará



Fonte: autores (2017)

## 2. ANÁLISE DO EFLUENTE BRUTO

Os teores de P no perfil do solo antes da aplicação dos tratamentos apresentaram diferenças estatísticas a nível de 5% de probabilidade e as camadas de 10-20 e 20-40 cm diferiram das demais. Após a aplicação da ARS o teor médio de P aumentou de 8,49 para 14,2 mg L<sup>-1</sup> (Figura 7A) e apresentou diferenças a nível de 5% de probabilidade diferindo, ainda, na camada de 0-5 cm a qual, por sua vez, diferiu estatisticamente das demais camadas ( $p < 0,05$ ). O aumento dos teores de P corrobora com os obtidos por Freitas et al. (2004) ao encontrarem aumento na concentração de P de 0,4 para 115,0 mg L<sup>-1</sup> na camada de 0-50 cm, após aplicação de ARS.

Após análises dos teores químicos no efluente bruto, foram observadas as seguintes características químicas: N = 1044 mg/L; P = 143 mg/L. De acordo com os teores de P no dejetos líquido de suínos, estimaram-se as quantidades de elementos adicionados no solo. Observou-se que neste cenário, com doses diárias de 400 L de dejetos, o teor de P apresentou 143 mg.l<sup>-1</sup> equivalente a adição de aproximadamente 1,716 kg.ha<sup>-1</sup> mensal e 20,592 kg.ha<sup>-1</sup> ao ano. No presente trabalho, os efluentes foram aplicados na pastagem para o descarte, e não para necessidades nutricionais de culturas.

Entretanto, como exemplo, pode-se citar as necessidades nutricionais para cultura de milho e soja. Para se produzir 3,65 /ha de milho e 1 t.ha<sup>-1</sup> de soja são necessários 9kg.

ha<sup>-1</sup> e 5kg.ha<sup>-1</sup> de P (EMBRAPA, 1993), respectivamente. Nota-se que os valores apresentados ao ano estão muito acima do valor requerido pelas culturas, o efluente lançado está exposto na Figura 3.

**Figura 3.** Efluente bruto na saída das instalações. Marabá-PA.



Fonte: Autores (2017)

### 3. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO SOLO

O solo é um latossolo amarelo com textura muito arenosa e pH variando de 4,7 – 6,0 a medidas no que aprofunda o perfil do solo (Tabela 2).

**TABELA 2 .** Granulometria do solo (dispersa em água) representando os teores de areia, argila e silte em (%) nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm, no IFPA – Marabá, Pará.

PROFUNDIDADE	AREIA (%)	ARGILA (%)	SILTE (%)	CLASSIFICAÇÃO
0 a 5 cm	90	7	3	Arenoso
5 a 10 cm	88	8	4	Arenoso
10 a 20 cm	89	8	3	Arenoso
20 a 40 cm	86	10	4	Arenoso

Fonte: autores (2017)

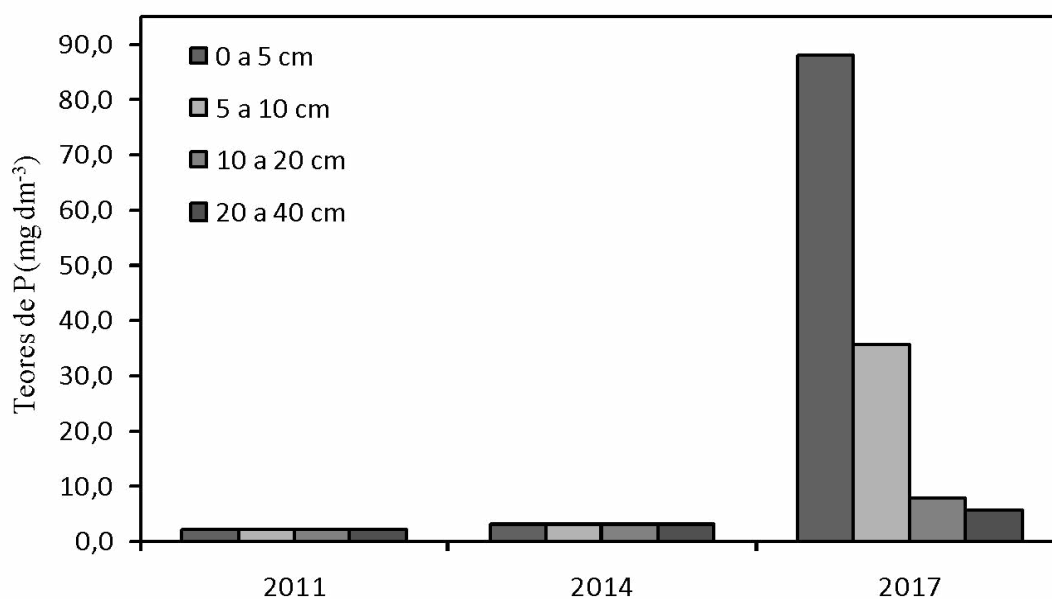
Conforme os resultados apresentados na Tabela 2, a área que está submetida a suinocultura, apresentou textura arenosa desde a camada superficial até as camadas mais profundas, os valores de areia estiveram muito superiores ao valores de silte que obtiveram pequenas variações, e aos valores de argila que permaneceram inalterados em todas as profundidades analisadas. Estes resultados corroboram com Ribeiro (2016) que caracteri-

zou diferentes agroecossistemas em área de pasto no IFPA- CRMB. Em consequência destes resultados, deve-se pensar em práticas restauradoras e conservacionistas de manejo desta área, podendo-se priorizar a incorporação de matéria orgânica ou implantação de cobertura vegetal como as plantas leguminosas, uma vez que o uso do solo intensivo pode proporcionar chances maiores de degradação e das suas condições físicas.

A disponibilidade de fósforo é “muito alta” na superfície (0 – 5), “alta” na camada de (0 – 10) e “baixa” nas camadas de (20 – 40) de acordo com o teor de argila apresentado. O solo apresenta teor de argila menor que 20%. As análises de solo realizadas nos anos de 2011 e 2014 apresentaram teores de fósforo muito baixos, menores que 7 mg.dm<sup>-3</sup> segundo a (CQFS RS/SC, 2004). Estes teores se justificam pela característica natural dos solos na região Amazônica, com baixa concentração de fósforo (RIBEIRO, 2016).

Contudo, nas análises do ano de 2017 verificou-se, o aumento desses teores para “muito alto” na camada superficial (0-5) corroborando com os resultados de (SCHERER; NESI; MASSOTTI, 2010), evidenciado pelo acúmulo de P no perfil do solo (Figura 4).

**Figura 4.** Teores de P em solo sob influência de efluentes de suinocultura no IFPA – Marabá, Pará.



Fonte: autores (2017)

É recomendado que se mantenha os níveis de fósforo na faixa “alto”, pois na faixa “muito alto” são consideradas excessivas podendo comprometer o rendimento das culturas (CQFS RS/SC, 2004). A camada de 5 - 10 apresentou teores “altos”, dentro do limite considerado ideal para o bom desempenho de culturas anuais, de acordo com a (CQFS RS/SC, 2004) corroborando com os resultados de (SCHERER; NESI; MASSOTTI, 2010). Já Durigon et al., (2002) e Ceretta et al., (2003) encontraram incrementos de P superiores a 3.000% ao analisarem uma área utilizada para o descarte de efluentes de suínos num período de quatro anos.



Apesar de o fósforo ter pouca mobilidade no solo, foi observada, a movimentação deste elemento até 20 cm, que pode ter sido propiciado pela estrutura física do solo caracterizado como areia franca, de acordo com o – Diagrama triangular utilizado para a classificação textural do solo (Atterberg). Entretanto, não houve alteração relevante quanto esta mobilidade do fósforo, todavia (Basso et al., 2005), observaram uma tendência de aumento nas concentrações de fósforo disponível na água percolada, quando aplicado um teor de 40 e 80 m<sup>3</sup> há<sup>-1</sup> de matéria seca.

## CONCLUSÃO

O descarte contínuo de efluentes no solo provocou alteração na qualidade química do solo pelo acúmulo de fósforo na camada superficial, apesar da suinocultura possuir baixa lotação de animais. Justificando-se a necessidade de um programa de manejo e estudos de viabilidade para a melhor destinação dos resíduos produzidos, a fim de promover a prevenção da poluição.

Para o pequeno produtor que dispõe de poucos recursos para tratamento, recomenda-se a armazenagem em esterqueiras, para a utilização do composto orgânico na própria área ou na vizinhança, visando a minimização do volume produzido e a valorização do recurso ambiental, bem como a prevenção da poluição do solo e da água.

## REFERÊNCIAS

ABCS. Associação Brasileira de Criadores De Suínos. **Produção de suínos: teoria e prática**. Brasília, 2014.

BASSO C. J.; CERETTA, C. A.; DURIGON, R.; POLETTI, N.; GIROTTO, E. Dejeito líquido de suínos: II – perdas de nitrogênio e fósforo por percolação no solo sob plantio direto. **Ciência Rural**, v. 35, n.º 6, pp. 1305-1312, 2005.

BARROS, F. M. MARTINEZ, M. A.; NEVES, J. C. L.; MATOS, A. T.; SILVA, D. D. Características químicas do solo influenciado pela adição de água residuária da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, pp.47-51, 2005.

BERTONCINI, E. I. Dejetos da suinocultura – Desafios para o uso agrícola. **Pesquisa & Tecnologia Apta Regional**. v.8, n.º 2, pp. 1-10, 2011.

CERINI J. B. **Disponibilidade e transferência de nitrogênio, fósforo e potássio em um argissolo submetido à aplicação de fontes de nutrientes**. 2012. Dissertação (Mestrado em Processos Químicos e Ciclagem de Elementos) – Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2012.

COSTA, O. A.; DIESEL, R.; LOPES, E. J.; NUNES, R. C.; HOLDEFER, C.; COLOMBO, S. **Sugestões para a implantação do sistema intensivo de suínos criados ao ar livre (SISCAL)**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, Boletim Informativo de Pesquisa, n.º 13, 2002.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; ANGHINONI, I.; BISSANI, C. A.; CAMARGO, F. A. O. *et al.* (Org.). **Manual de adubação e de calagem**. Porto Alegre: Comissão de Química e Fertilidade do solo, RS/SC, 2004.

FEIDEN, A. Agroecologia: Introdução e Conceitos. Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2012.

KONZEN E. A. Dejetos de suínos fermentados em biodigestores e seu impacto ambiental como insumo agrícola. **VII Simpósio Goiano de Avicultura e 11 Simpósio Goiano de Suinocultura - Avesui Centro-Oeste**. Goiânia, 2005.

OLIVEIRA, P. A. V. **Manual de manejo e utilização**. Concórdia: EMBRAPA - CNPSA. Documentos, 27, 1993.

PERDOMO, L. J. M. M. N. Produção de suínos e meio ambiente. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA SUINOCULTURA. 9. 2001. Rio Grande do Sul. **Anais Eletrônicos**. Disponível em: [anais0104.pdf](#) ([embrapa.br](#)). Acesso em 20 mai. 2021

RIBEIRO, S. B. **Caracterização dos solos sob diferentes Agroecossistemas no IFPA/Campus Rural de Marabá e na área de Agricultor Familiar**. Dissertação (mestrado em desenvolvimento Rural e gestão de Empreendimentos Agroalimentares) - Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Pará- IFPA, 2016.

SCHERER, E. E.; NESI, C. S.; MASSOTI, Z. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n.º 4, pp. 1375-1384, 2010.

LIMA, M. M.; GOMES, D. M. O. A.; CAVALCANTE, F. B. F.; SALES, R. K. L. Mercado da carne suína: consumo e percepção. **Revista Espacios**. v.36, n.º19, pp. 12. 2015

# OCORRÊNCIA DE MICROPARASITAS EM PEIXES TELEÓTEOS DA REGIÃO DE CACHOEIRA DO ARARI ILHA DE MARAJÓ-PA

**MÁRCIA DE NAZARÉ SACCO DOS SANTOS**

**TALLYTHA DE NAZARÉ PAIXÃO DA SILVA**

**PATRÍCIA DE FÁTIMA SACO DOS SANTOS**

**EDILSON RODRIGUES MATOS**

tância alimentar e comercial, e as atividades de pesca representam uma importante fonte de alimento e renda para diversas comunidades, que dependem diretamente das condições ecossistêmicas e climáticas além dos conhecimentos associados aos ambientes que exploram, para obter sucesso no exercício da pesca (PINTO, 2016; SILVANO; BEGOSSI, 2010)

## INTRODUÇÃO

O Arquipélago do Marajó é formado por um conjunto de ilhas que constitui a maior ilha fluvial do mundo, com 49.606 Km<sup>2</sup>, está integralmente situado no Estado do Pará e constitui-se numa das mais ricas regiões do País em termos de recursos hídricos e biológicos (BRASIL, 2007). O município de Cachoeira do Arari pertence à mesorregião do Marajó e à microrregião do Arari. Tem como limites ao Norte - municípios de Chaves e Soure, a Leste - município de Ponta de Pedras, ao Sul - municípios de Salvaterra e Baía do Marajó e a Oeste - municípios de Ponta de Pedras e Santa Cruz do Arari (FAPESPA 2015).

Dentre os recursos pesqueiros capturados, os peixes se destacam pela impor-

A alteração no ambiente como, teores de gás carbônico, aumento de amônia e de nitrito, redução de oxigênio dissolvido e desequilíbrio nos níveis de matéria orgânica associados a componentes que causam estresse aos peixes, podem ocasionar a redução da resistência imunológica, viabilizando o desenvolvimento de doenças (AHID et al., 2009; MALTA, 1984; PAKDEENARONG et al., 2014; RIBAS et al., 2017).

Estudos sobre as comunidades de parasitos de peixes e suas relações com os hospedeiros são de grande importância, pois os parasitos desempenham papel-chave nos ecossistemas, regulando a abundância ou a densidade das populações hospedeiras, estabilizando a cadeia alimentar e a estrutura das comunidades animais (AZEVEDO et al., 2011; ZRNCIC et al., 2009;).

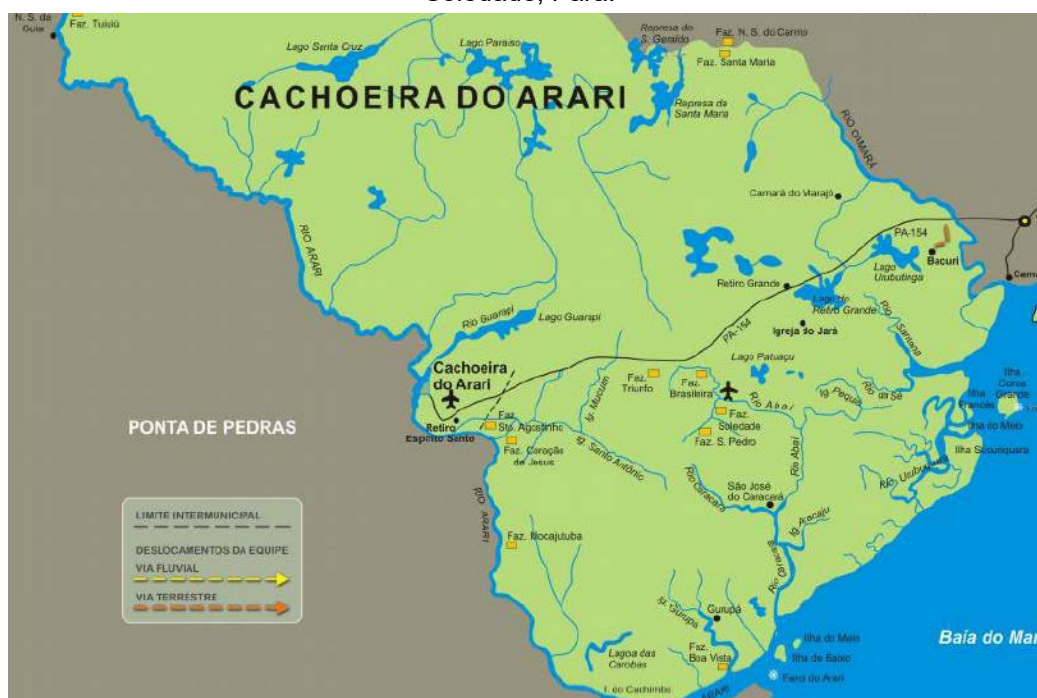
A problemática da presente pesquisa foi ter o conhecimento das alterações provocadas pelos microparasitas, uma vez que os órgãos afetados reagem a presença deles produzindo infecções, que podem implicar na diminuição ou perda da respectiva atividade, e nos casos mais graves, provocar a “castração” dos hospedeiros quando localizados nas gônadas, e/ou a morte do hospedeiro. O conhecimento sobre os parasitos e/ou microparasitas de peixes é de grande importância, não apenas em relação à saúde dos hospedeiros, mas também, para entender a relação hospedeiro-parasito-ambiente. O trabalho realizado teve como objetivo identificar e caracterizar os microparasitas de peixes teleósteos da região de Cachoeira do Arari (distritos de Retiro Grande e de Soledade) da Ilha de Marajó-Pa.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização da área de estudo

A área de estudo compreendeu o rio Abaí e o lago do Retiro Grande, ambos localizados no município de Cachoeira do Arari ( $1^{\circ} 00' S$  e  $48^{\circ} 57' W$ ), no estado do Pará na ilha de Marajó (Figura 1). A economia da região é baseada no setor pesqueiro e pesca artesanal (GOUVEIA et al., 2015).

**Figura 1.** Localização geográfica do Município de Cachoeira do Arari e as localidades de Retiro Grande e de Soledade, Pará.

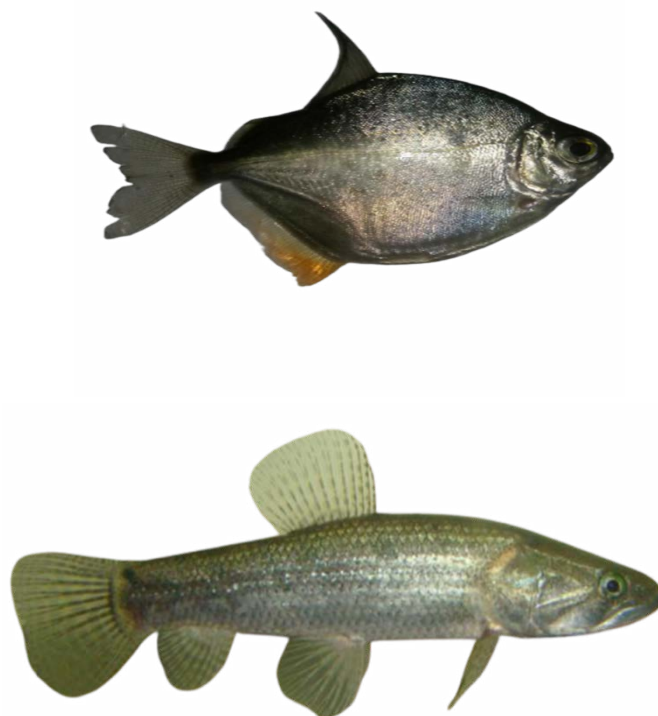


Fonte: Secult (2015)

## Coleta e transporte dos exemplares

Foram capturados 25 espécimes de *Metynnis maculatus* (Kner, 1858) e 27 espécimes de *Hoplias malabaricus* (Bloch, 1794) (Figura. 2), com o auxílio de tarrafas e outros apetrechos de pesca, tais como, redes de emalhar e similares.

Figura 2. *M. maculatus* (A) e *H. malabaricus* (B)



Fonte: LPCA (2021)

Os animais foram acondicionados em sacos plásticos contendo água do habitat e aeração artificial: bombas a pilha (Figura 3) e transportados vivos até o município de Salvaterra, mantidos em aquários com aeração (bomba elétrica) e posteriormente transferidos para o Laboratório de Pesquisa Carlos Azevedo (LPCA), do Instituto da Saúde e Produção Animal (ISPA) na Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA – *campus* Belém), onde permaneceram em aquários, contendo água proveniente do próprio hábitat, com aeração (bomba elétrica), até que se procedessem as análises.

**Figura 3.** Exemplos acondicionados para serem transportados para o Laboratório em Belém, Pará.



Fonte: autores (2021)

Os animais foram anestesiados com Tricaína Metano sulfonato (MS222 SIGMA) na concentração de 50mg/L ou feita a mielotomia neural), retirados do aquário sendo realizadas as medidas morfométricas (peso em g e tamanho em cm), seguindo a necropsia, sob licença do SISBIO-ICMBio 27.119; CEUA UFRA 013/2014. Após, foi realizada a análise em toda a superfície corpórea externa em estereomicroscópio, feita incisão longitudinal da região ano-genital até a borda do opérculo, e incisão do poro urogenital até a linha lateral / opérculo, para exposição e observação dos órgãos internos, para serem examinados inicialmente em microscópio estereoscópico, e confirmação em microscopia de luz quando fragmentos de tecidos com parasitos foram retirados, colocados em uma gota d'água em lâmina de vidro, coberto com lamínula de vidro, para observação da existência de lesões, de secreção glandular ou confirmação de cistos de microparasitas.

### **Processamento do material biológico**

Os fragmentos de tecidos e órgãos parasitados foram retirados dos hospedeiros, confirmados em microscopia de luz e fixados em solução de Davidson (formaldeído, ácido acético, etanol 95% e água destilada), na proporção de nove partes de fixador para uma parte de material biológico, durante 24 horas. Após a fixação, os fragmentos foram processados, de acordo, com as técnicas padronizadas no LPCA / UFRA, passando por uma bateria de concentrações de álcool crescente (70% a absoluto – 100%), diafanizados em xilol, realizados 3 banhos de parafina em estufa a 60 C, incluídos em parafina (com o auxílio do aparelho TISSUE EMBEDDING CENTER). Em seguida, foi realizada a microtomia com auxílio do micrótoMO ROTARY MICROTOME (cortes com 05 µm de espessura), pescados em banho maria em lâminas de vidro. As lâminas + cortes foram colocadas em estufa a 60 C para fixação do corte a lâmina. Após 24 h foi retirada a lâmina + corte da estufa, para iniciar a coloração utilizando os corantes Hematoxilina-Eosina, Gomory e Ziehl-Neelsen (LUNA, 1968). Foram realizadas fotomicrografias das lâminas a fresco e coradas utilizando o microscópio PRIMO STAR com câmera acoplado AxioCAM ERC 5s e *software* AxionVi-

sion 5.1 ou em DIC AxioCAm 512 ERC 5s camera com AxioVision LE *software*, para documentação do material científico.

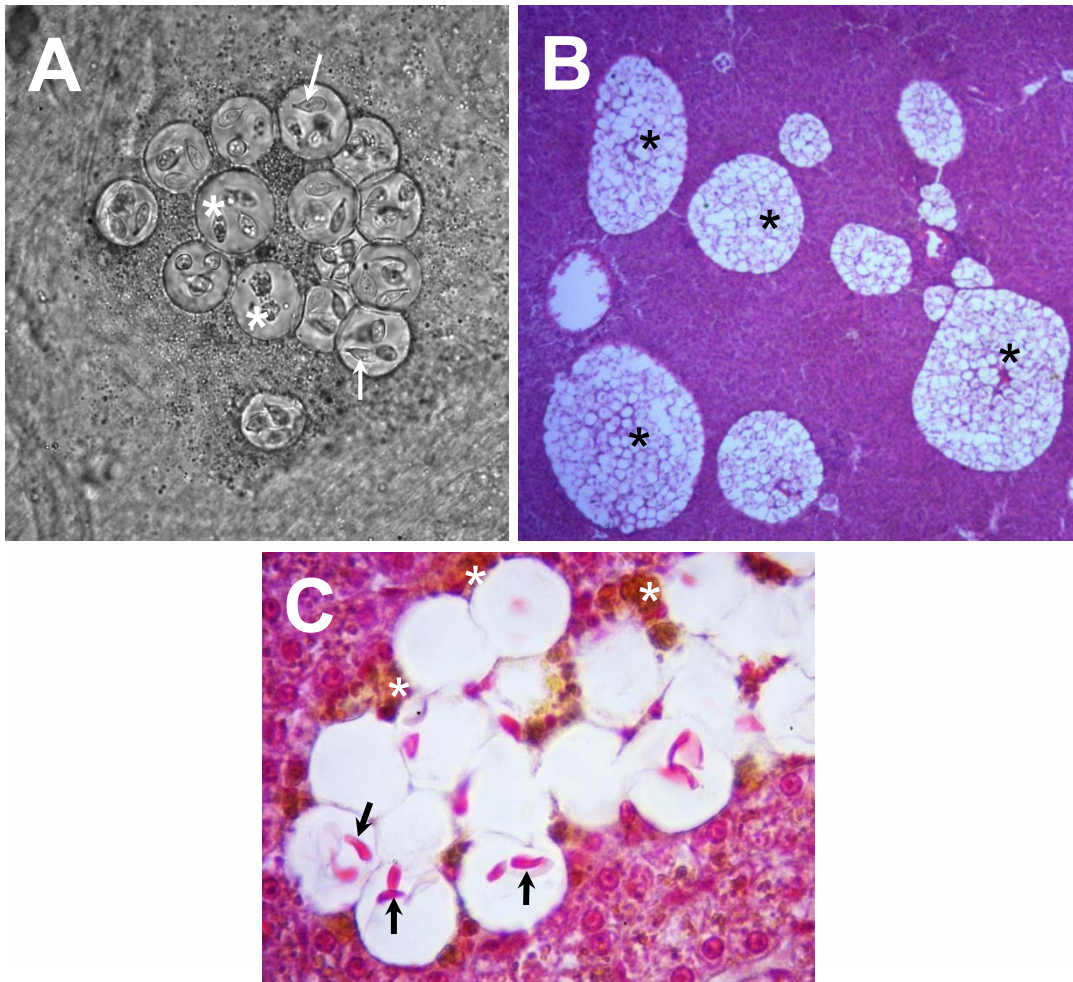
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas necropsias dos exemplares de *H. malabaricus*, foi possível observar que 100% dos animais apresentaram parasitismo no fígado. Foram visualizadas macroscopicamente regiões de coloração esbranquiçada espalhadas no parênquima hepático. Através da observação em microscopia de luz, foi possível identificar as regiões como aglomerados parasitários de oocistos típicos de infecção por coccídeos. Os oocistos foram identificados como pertencentes ao gênero *Calyptospora*, devido ao formato esférico com quatro esporocistos de forma piriforme (Figura 4A) e dois esporozoítos, característica desse gênero. Estas características morfológicas são semelhantes as descritas por Overstreet et al., 1984 e outros pesquisadores Azevedo et al. 1993 e Silva et al. 2020.

As características histológicas evidenciaram no tecido hepático a presença de oocistos ou vacúolos parasitóforos agrupados (Figura. 4B) e distribuídos no parênquima hepático, achados semelhantes descritos por Azevedo et al. (1993) no parasitismo por *Calyptospora spinosa* e em *Calyptospora paranaidigii* n.º sp. e *Calyptospora gonzaguensis* n.º sp. (SILVA et al., 2019; 2020).

Foi observado no presente estudo a presença de centros melanomacrofágicos no fígado de *H. malabaricus* (Figura 4C) possivelmente envolvidos na resposta imune do hospedeiro, semelhantes aos achados por Videira et al., 2013 em *Aequidens plagiozonatus*.

**Figura. 4** – A - Oocistos de *Calyptospora* (\*) com esporozoítos em seu interior (setas) (DIC 100 X); B - Oocistos ou vacúolos parasitóforos agrupados (\*) no parênquima hepático (Fotomicrografia de Luz – objetiva 10X) (Coloração Hematxilina e Eosina); C - Centros melanomacrofágicos, próximos aos oocistos - observar coloração marrom (\*) e em róseo os esporozoítos dentro do vacúolo parasitóforos (setas). (Fotomicrografia de Luz – objetiva 40X. Coloração Gomori)



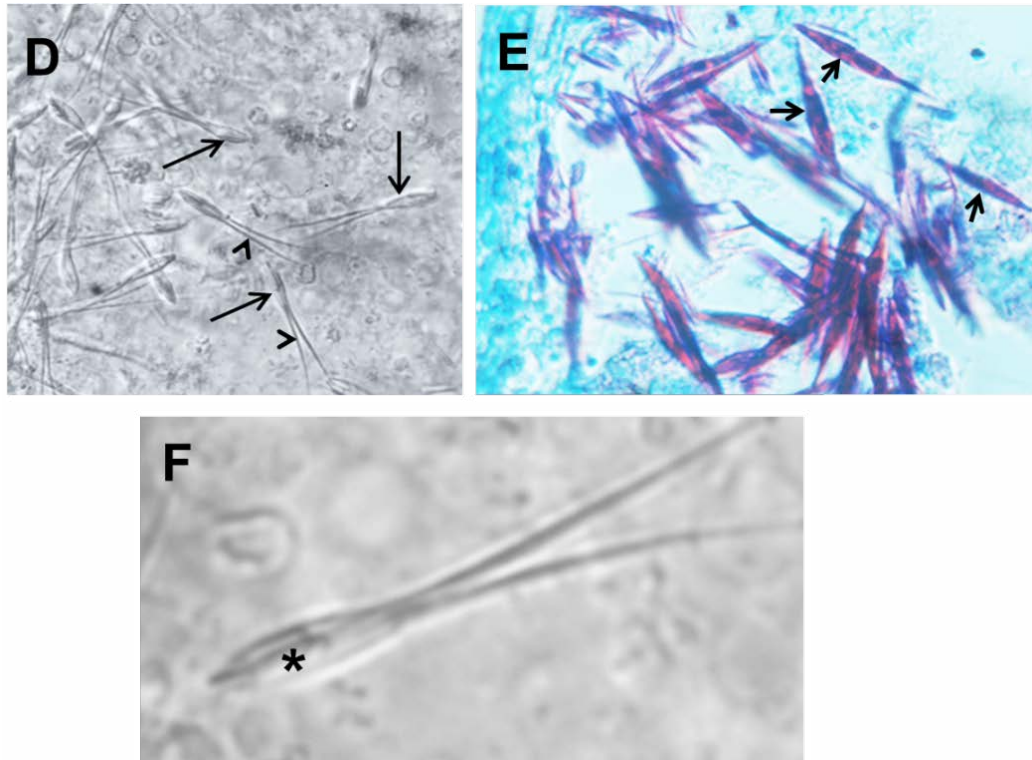
Fonte: autores (2021)

A coccidiose hepática causada por *Calyptospora sp.* teve uma prevalência de 100% durante o período do estudo. Este é mais um registro de coccidiose por *Calyptospora sp.* em fígado de *H. malabaricus* peixe muito importante na subsistência alimentar de populações ribeirinhas da ilha de Marajó no município de Cachoeira do Arari, localidade de Retiro Grande/Ilha de Marajó/Pará.

A necropsia realizada nos espécimes *Metynnis maculatus*, mostrou a presença de cistos com esporos identificados pertencentes ao gênero *Henneguya Thélohan* (1882) (Figura 5D), localizados nas brânquias do hospedeiro. A observação microscópica (Figura 5B) não constam no trabalho permitiu observar esporos com morfologia alongada, apresentando um esporoplasma, estrutura que corresponde a região infectante, duas cápsulas polares Figura 5F(\*), as quais contém um filamento polar e dois prolongamentos ou caudas, semelhante as características descritas por Matos et al., 2003.



**Figura 5.** D - Esporos de *Henneguya* (setas), observar a presença de duas caudas (cabeça de seta) (DIC 40X); E- Esporos de *Henneguya* corados em Ziehl-Neelsen - observar o corpo alongado do esporo (setas). (Fotomicrografia de Luz – objetiva 40X). F – Esporo de *Henneguya*, observar cápsula polar (\*) (DIC 100X).



Fonte: Autores (2021)

A maioria do gênero *Henneguya* apresenta especificidade quanto ao hospedeiro, podendo parasitar apenas uma espécie ou um grupo de hospedeiros filogeneticamente próximos. Também é relatada especificidade quanto ao órgão parasitado, sendo que apenas algumas espécies podem afetar vários órgãos (CAPARROS; TAKEMOTO, 2016). A infecção por *Henneguya* na brânquia do hospedeiro pode provocar diminuição da superfície de absorção na extremidade dos filamentos, e ocasionar danos ao hospedeiro infectado levando a morte (CARVALHO et al., 2020).

A pesquisa evidenciou uma henneguyose, doença causada pelo gênero *Henneguya* de acordo com Figueredo et al. (2019), sobre a infecção por *Henneguya* sp. nas brânquias do peixe teleósteo *Metynnus hypsauchen*, coletado em rio Capim, no município de Ipixuna do Pará. Este é mais um registro de henneguyose causada por *Henneguya* sp. em brânquia de *M. maculatus*, peixe de importância local e alimentar para a população ribeirinha do município de Cachoeira do Arari, distrito de Soledade, Ilha de Marajó/Pará/Brasil.

## CONCLUSÃO

Os resultados obtidos permitiram concluir que, as espécies de peixes teleósteos *H. malabaricus* e *M. malabaricus* apresentaram parasitismo identificado pelos gêneros *Calyp-*

*tospora* e *Henneguya* respectivamente, causando lesões no fígado e nas brânquias dos hospedeiros. Considerando a importância das espécies para o consumo da população ribeirinha e para o ecossistema em que habitam, estudos dessa natureza se fazem necessários para a identificação e caracterização das espécies de parasitos, contribuindo para o conhecimento da biodiversidade de parasitos em peixes na região amazônica.

## REFERÊNCIAS

- AHID, S. M. M.; FILGUEIRA, K. D.; FONSECA, Z. A. A. S. SOTO-BLANCO, B.; OLIVEIRA, M. F. de. **Ocorrência de parasitismo em *Mola mola* (Linnaeus, 1758) por metazoários no litoral do Rio Grande do Norte, Brasil.** Acta Veterinaria Brasilica, v.3, n.º1, pp.43-47, 2009.
- AZEVEDO C, MATOS P, MATOS E. Morphological data of *Calyptospora spinosa* n.º sp. (Apicomplexa, Calyptosporidae) parasite of *Crenicichla lepidota* Heckel, 1840 (Teleostei) from Amazon River. **Eur J Protistol**, v. 29, n.º 2, pp. 171-175, 1993.
- AZEVEDO, C; CASAL, G; MATOS, P; ALVES, A; MATOS, E. *Henneguya torpedo* sp. nov. (Myxozoa), a parasite from the nervous system of the Amazonian teleost *Brachyhyppopomus pinnicaudatus* (Hypopomidae). **Dis Aquat Org**., n.º 93, pp.235–242, 2011.
- BRASIL. Grupo Executivo Interministerial. **Plano de Desenvolvimento Territorial Sustentável para o Arquipélago do Marajó: resumo executivo da versão preliminar para discussão nas consultas públicas / Governo Federal, Grupo Executivo Interministerial.** – Brasília: Ministério da Saúde, 2007.
- CAPARROS, L. M; TAKEMOTO, R. M. (*Myxozoa: Myxosporea: Myxobolidae*) parasitando rim de *Plagioscion squamosissimus* (perciformes: scianidae). In: CONGRESSO PARANAENSE DE MICROBIOLOGIA AMBIENTE. 2. 2016. Paraná. **Anais eletrônicos**. Disponível em: *Henneguya* sp. (*Myxozoa: Myxosporea: Myxobolidae*) PARASITANDO RIM DE *Plagioscion squamosissimus* (Perciformes: Scianidae) | Galoá Proceedings. Acesso em 20 dez. 2021.
- CARVALHO, A.A ; VIDEIRA, M. N. ; BITTENCOURT, L. S. ; ARAÚJO, P. G. ; FERREIRA, R. L. S.; TAVARES, J. C.; MATOS, E. R. Infecção de *Henneguya* sp. nas brânquias de *Metynnis lippincottianus* do rio Curiaú, na region da Amazônia oriental (Brasil). **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v.29, n.º 3, pp.1-6, 2020
- TAVARES FILHO, D. S.; FREIRE, J. F; ALVES, A. M; SOUZA, G. T. R; TAKEMOTO, R. M.; MELO, C. M.; MADI, R. R. **A fauna parasitária e sua importância em Ciclídeos (Perciformes: Cichlidae).** In: Simpósio da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. 1. 2016. Bahia. Disponível em: [https://2017.cbhsaofrancisco.org.br/2017/?wpfb\\_dl=2454](https://2017.cbhsaofrancisco.org.br/2017/?wpfb_dl=2454). Acesso em: 20 dez. 2021.
- FIGUEREDO, R. T. A.; OLIVEIRA. J. E. F. O.; VILHENA. M. P. S. P.; BERREDO, J.; SANTOS. W. J. P. S; MATOS.; VELASCO, M. *Henneguyosis* in gills of *Metynnis hypsauchen*: an Amazon freshwater fish **Journal of Parasitic Diseases**, v. 44, n.º 1, pp. 213-220, 2020.
- FUNDAÇÃO AMAZÔNIA DE AMPARO A ESTUDOS E PESQUISAS DO PARÁ (FAPESPA). **Estatísticas Municipais Paraenses: Cachoeira do Arari.** Belém: FAPESPA, 2015.
- GOUVEIA, N.; A; LIMA, F.; A; SOUSA, M. C.; SANTOS, M. A. S. O seguro defeso do pescador artesanal: evolução dos recursos e beneficiários no estado do Pará. **Revista Monografias Ambientais Santa Maria**, v. 14, n.º 2, 2015, pp. 75-85., 2015.
- LUNA L. G. 1968. **Manual of Histologic Staining of the Armed Forces Institute of Pathology.** 3. ed. McGraw-Hill, New York, p.258.

MALTA, J. C. O. **Os peixes de um lago de várzea da Amazônia Central (Lago Janauacá Rio Solimões) e suas relações com os crustáceos ectoparasitas (Branchiura: Argulidae).** Acta Amazonica, v. 14, pp. 355-372, 1984.

MATOS, E; MATOS, P; CORRAL, L; AZEVEDO, C. A morfologia ultraestrutura de microrganismos parasitas que causam microsporidioses e mixosporidioses em peixes tropicais brasileiros. Boletim Técnico do CEPTA, Pirassununga, v. 16, pp. 27-40, 2003.

OVERSTREET, R. M.; HAWKINS, W. E.; FOURNIE J.W. . The coccidian genus *Calyptospora* n.º, and family Calyptosporidae n.º fam. (Apicomplexa), with members infecting primarily fishes. **J Protozool**, n.º 31, pp. 332–339, 1984.

PAKDEENARONG, N.; SIRIBAT, P.; CHAISIRI, K.; DOUANGBOUPHA, B.; RIBAS, A.; CHAVAL, Y.; HERBRETEAU, V.; MORAND, S. Helminth communities in murid rodents from southern and northern localities in Lao PDR: The role of habitat and seasonal. **Journal of Helminthology**, v. 88, pp. 302-309, 2014.

PINTO, M. F. **Pesca artesanal no litoral pernambucano e cearense: implicações conservacionistas.** 2016. Tese (Doutorado EM Etnobiologia e Conservação da Natureza) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. PE, 2016.

RIBAS, A.; JOLLIVET, C.; MORAND, S.; THONGMALAYVONG, B.; SOMPHAVONG, S.; SIEW, C. C.; TING, P.E.; SUPUTTAMONGKOL, S.; SAENSOMBATH, V.; SANGUANKIAT, S.; TANA, B. H.; PBORIBOUNE, P.; AKKHAVOUNG, K.; CHAISIRI, K. Intestinal Parasitic Infections and Environmental Water Contamination in a Rural Village of Northern Lao PDR. **The Korean Journal of Parasitology**, v. 55, n.º 5, pp. 523-532, 2017.

SECULT. SECRETÁRIA DE ESTADO DE TURISMO DO PARÁ. **Inventário da oferta turística do município de Cachoeira do Arari – PA.** Belém: SECULT., 2015. Disponível em: Feira Internacional de Turismo da Amazônia - IV FITA 2008 (setur.pa.gov.br). Acesso em: 20 dez. 2021.

SILVANO, R. A. M.; BEGOSSI, A. What can be learned from fishers? An integrated survey of ecological knowledge and bluefish (*Pomatomus saltatrix*) biology on the Brazilian coast. **Hydrobiologia**, n.º 637, pp. 3-18, 2010.

SILVA, M. F; SILVA, D. T; GIESE, E. G; HAMOY, I. G; MATOS, E. R. Morfologia e Filogenia de *Calyptospora paranaidji* n.º sp. (Eimeriorina: Calyptosporidae), um parasita apicomplexano do tecido hepático de *Cichla piquiti* Kullander & Ferreira, 2006, de um reservatório na Amazônia. **Journal of Eukaryotic Microbiology**, v. 66, n.º 4, pp. 608-616, 2018.

SILVA, M. F; ORLANDA, J. F. F; ARAÚJO, M. J.; HAMOY, IGOR; MATOS, E. Hepatic coccidiosis in *Triportheus angulatus* Spix & Agassiz, 1829 (Characiformes: Triportheidae), a tropical fish from the eastern Brazilian Amazon, with the description of a new species of *Calyptospora* (Apicomplexa: Calyptosporidae). **Eukaryot Microbiology**, v. 67, n.º 3, pp. 352-358, 2020.

VIDEIRA, M; VELASCO, M; TORTELLY, R ; MENEZES, R. C ; SÃO CLEMENTE, S. C.; MATOS, E. An anatomopathological study of hepatic coccidiosis (*Calyptospora* sp.) in the Acará-pixuna, *Aequidens plagiozonatus* Kullander, 1984 from the Brazilian state of Pará. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.65, n.º 1, pp.91-94, 2013.

ZRNCIC, S.; ORAIC, D.; SOSTARIC, B.; CALETA, M.; BULJ, I. *et al.* Occurrence of parasites in *Cobitidae* from Croatian rivers draining into two different watersheds. **Journal Appl Ichthyology**, v. 25, n.º 4, pp. 447-450, 2009.

# CONHECIMENTO DA POPULAÇÃO EM RELAÇÃO AO PROGRAMA DE COLETA SELETIVA NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS-PA

**DÉBORA REIS CORDEIRO**

**CARLA LETÍCIA DOS REIS COSTA**

**DARLAN WELLINGTON RODRIGUES SOUSA**

**JORDANA SILVA ROZÁRIO**

**ALICE MARIA FERREIRA CARDOSO**

**FRANCIANNE VIEIRA MOURÃO**

## INTRODUÇÃO

A preocupação em relação aos resíduos sólidos tem aumentado nos últimos anos, principalmente devido ao crescimento da produção de insumos e à falta de áreas adequadas para a disposição final. O assunto mostrou-se prioritário em escala mundial desde a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente e o Desenvolvimento (Rio-92), tanto nos países desenvolvidos, como nos em desenvolvimento (BESEN et al., 2014).

A forma como são tratados os resíduos sólidos é um dos maiores desafios enfrentados pelas administrações públicas no Brasil e no mundo. Indubitavelmente, a adequada gestão dos resíduos sólidos afeta

diretamente as condições de saúde, sociais, ambientais, econômicas e até culturais de uma comunidade. Assim, investir na gestão adequada transformou-se em um grande aliado do desenvolvimento sustentável, com benefícios de curto, médio e longo prazo para toda a comunidade (MILLER, 2013).

Uma das opções que tem se destacado para o reaproveitamento adequado de recursos é a coleta seletiva. De fato, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) reconheceu o resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho, renda e cidadania (BRASIL, 2010). Essa noção tem incentivado a implantação de novos programas municipais de coleta seletiva que, quando bem administrados, podem diminuir o impacto ambiental de lixões e aterros, melhorar a paisagem urbana e aumentar a inclusão socioproductiva (CONKE; NASCIMENTO, 2018).

No Brasil, em 2010, 3.205 municípios indicaram a existência de iniciativas de coleta seletiva. Apesar da quantidade expressiva de municípios, deve-se levar em consideração que muitas vezes essas atividades resumem-se apenas na disposição de pontos de entrega voluntária à população ou na

simples formalização de convênios com cooperativas de catadores para a execução dos serviços (ABRELPE, 2010).

Uma das principais dificuldades no programa de coleta seletiva refere-se à mensuração da participação da população, fator importante e determinante na realização da eficiência do programa. A participação social depende do perfil socioeconômico e cultural da população, com destaque aspectos como grau de instrução e acesso à educação não formal (SIDIQUE; JOSHI; LUPI, 2010). A grande questão é saber como desenvolver ações educativas eficientes capazes de conscientizar e alertar a sociedade sobre a importância de adotarem práticas ambientalmente corretas no cotidiano (NORÕES; MELO, F.; MELO, S., 2011).

Neste cenário, o município de Paragominas, teve a iniciativa com o Programa Coleta Seletiva implantado em 18 de janeiro de 2018, com um ponto de entrega voluntária (PEV), 1 cooperativa, 28 catadores, 2 caminhões, coletando em torno de 32,5 toneladas de resíduo por mês, e abrange cerca de 11 bairros do município e inúmeras ruas. Para aderir ao programa a população precisa assinar um termo de adesão encontrado na Secretaria de Urbanismo (SEMUR, 2019).

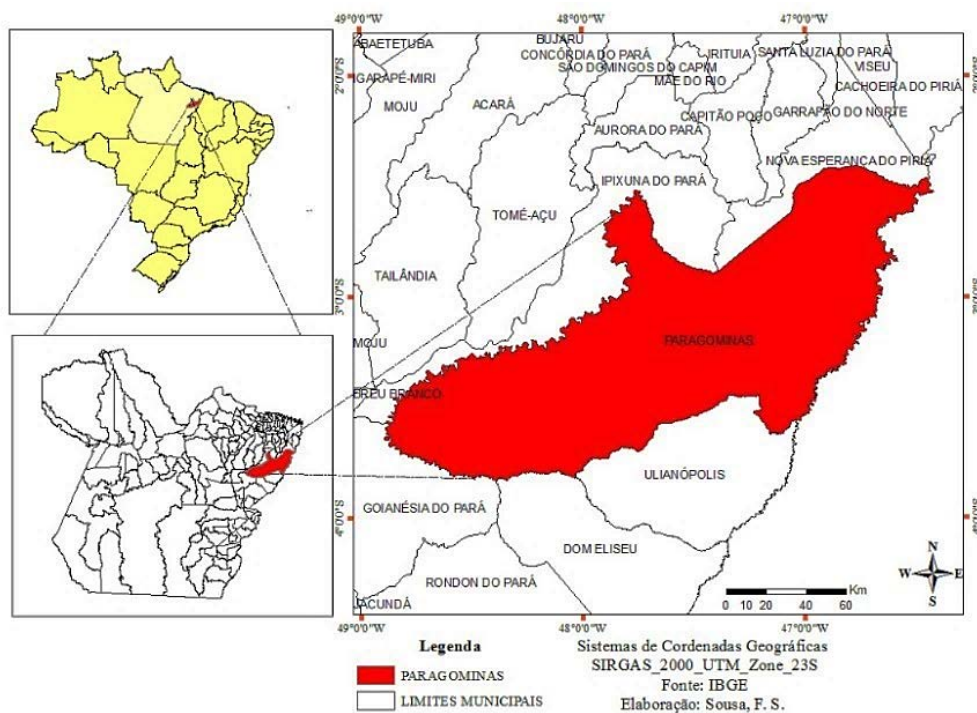
O presente trabalho teve como objetivo analisar a percepção da população de Paragominas quanto a importância socioambiental da implantação do Programa de Coleta Seletiva (PCS). Esse programa, além de proporcionar uma ação ecológica, aumenta a conscientização do ser humano para com a importância do destino correto do resíduo, e se tornar mais uma ferramenta de propagação da educação ambiental, para gerações atuais e futuras.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 AREA DE ESTUDO**

O município de Paragominas, situado na mesorregião sudeste do Pará, a 320 quilômetros da região metropolitana de Belém, possui uma população estimada em 2017 de 110.026 habitantes, segundo dados do IBGE (2010). Localiza-se na latitude 02°58'00" Sul e a uma longitude 47°28'59" Oeste, estando a uma altitude de 90 metros (Figura 1).

**Figura 1.** Localização geográfica do município de Paragominas-PA.



Fonte: autoras (2021).

## 2.2 TIPO DE PESQUISA

Com o intuito de avaliar a participação da população no programa Coleta Seletiva, a pesquisa ocorreu com visitas *in loco* em 02 Distritos Administrativos, que foram escolhidos de acordo com as classes econômicas: Distrito Administrativo (DA) Angelim, onde concentra-se pessoas de classe média e alta, e o Distrito Administrativo Nagibão, no qual situa-se pessoas de classe baixa. Totalizou-se 100 entrevistas, sendo 50 entrevistas por bairro selecionado, aplicadas à amostra.

Além disso, foi realizada uma entrevista com a Diretora de Resíduos Sólidos, uma das responsáveis pelo programa de coleta seletiva do município, em relação a implantação do programa e o seu funcionamento. Também foi feita uma visita a Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis do Município de Paragominas (COOPERCAMARE), responsável pela triagem do material coletado.

## 2.3 COLETA DE DADOS

Para a coleta de dados foram aplicados questionários com 24 questões (14, sobre o perfil socioeconômico dos indivíduos amostrados; 10 relacionadas ao nível de participação deles no programa coleta seletiva). A Figura 2 apresenta o questionário aplicado.

Figura 2 – Questionário aplicado nos DA's Angelim e Nagibão.

**PESQUISA DE OPINIÃO SOBRE O CONHECIMENTO DA COLETA SELETIVA NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS-PA**

Aplicador \_\_\_\_\_ Local de Aplicação: \_\_\_\_\_ Data: / /  
 Obs: Sua identidade não será revelada

**1 Perfil Socioeconômico**

**1.1 Nome:** \_\_\_\_\_ **1.2 Idade:** \_\_\_\_\_ anos

**1.3 Sexo:** ( ) Masculino ( ) Feminino ( ) Outros \_\_\_\_\_

**1.4 Estado Civil:** ( ) Solteiro(a) ( ) Casado(a) ( ) Viúvo(a) ( ) União estável ( ) Divorciado(a)

**1.5 Naturalidade:** Estado: \_\_\_\_\_ Município: \_\_\_\_\_

**1.6 Profissão/Ocupação:** \_\_\_\_\_

**1.7 Grau de Instrução:** **1.8 Qual sua faixa salarial?**

( ) Analfabeto ( ) Nenhuma renda.  
 ( ) Fundamental incompleto ( ) Até 1 salário mínimo  
 ( ) Fundamental completo ( ) De 1 a 3 salários mínimos  
 ( ) Ensino Médio incompleto ( ) De 3 a 6 salários mínimos  
 ( ) Ensino Médio completo ( ) De 6 a 9 salários mínimos.  
 ( ) Superior incompleto ( ) De 9 a 12 salários mínimos.  
 ( ) Superior completo ( ) De 12 a 15 salários mínimos  
 ( ) Mestrado/doutorado ( ) Mais de 15 salários mínimos

**1.9 Tempo de residência em paragominas:** \_\_\_\_\_

**1.10 Bairro em que reside:** \_\_\_\_\_

**1.11 Qual o tipo de moradia?** **1.12 A residência é?**

( ) Madeira ( ) alvenaria ( ) Barro ( ) outros ( ) Propria ( ) Alugada ( ) Emprestada/cedida

**1.13 O(a) senhor(a) é o chefe da família?**

( ) Sim ( ) Não

**1.14 Quantas pessoas residem com o senhor(a)?** \_\_\_\_\_

**1.15 Quais são os meios de comunicação que você usa para obter informações/notícias?**

( ) Jornal impresso ( ) Televisão(telejornais) ( ) Internet ( ) Rádio

**2.0 Quanto a Coleta Seletiva**

**2.1 Você já ouviu falar em coleta seletiva?** **2.2 Você sabe se no município tem coleta seletiva?**

( ) Sim ( ) Não ( ) Sim, continua. ( ) Não

**2.3 A coleta seletiva passa na sua rua?**

( ) Sim ( ) Não ( ) Não sei

**2.5 O que você faz com o lixo que é produzido em sua residência?**

( ) joga no lixo, para o caminhão da prefeitura recolher  
 ( ) Separa para a coleta seletiva  
 ( ) Queima  
 ( ) Joga em terreno baldio/vazio  
 ( ) Outros

**2.6 Quais são os seus hábitos com relação à separação do lixo?**

( ) Na lixeira ( ) Separa o lixo seco e o lixo orgânico

**2.7 Você sabe quanto de lixo é produzido, em média, em sua residência por semana?**

( ) 1 Saco de 15 L ( ) 3 sacos de 15 L ( ) Não sei  
 ( ) 2 sacos de 15 L ( ) 4 ou mais sacos

**2.8 Como esta a sua participação na coleta seletiva?**

( ) Participo da coleta seletiva separando o lixo  
 ( ) Não participo por falta de tempo  
 ( ) Não participo por falta de oportunidade e/ou acomodação  
 ( ) Participaria se houvesse mais incentivo

**2.9 Você sabe o destino final dado ao seu lixo?**

( ) Sim ( ) Não  
 Onde? \_\_\_\_\_

**2.10 No município, quais os principais problemas sobre lixo que você tem observado:**

( ) Entulhos ( ) Animais no lixo ( ) Lixo na ruas ( ) Lixo nos rios e córregos  
 Outros: \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_

**2.11 Em relação à prática de coleta seletiva na sua cidade, você considera:**

( ) Muito importante ( ) Importante ( ) Sem importância ( ) Não sei

Fonte: autores, 2021.

## 2.4 APRESENTAÇÃO DO DADOS OBTIDOS

Após as análises dos questionários, e tendo em vista os aspectos visualizados na visita *in loco* nos Distritos Administrativos, pode-se obter os seguintes resultados expressos por meio de gráficos que explicam o grau de conhecimento e participação da população, e a importância da coleta seletiva para o município.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### PERFIL SOCIOECONÔMICO DOS INDIVÍDUOS AMOSTRADOS

Em relação ao grau de escolaridade nos Distritos Administrativos Angelim e Nagibão, os dados obtidos indicaram que a maioria dos indivíduos amostrados já completaram o nível médio. Em relação a renda, a análise dos dados identificou um rendimento mais efetivo no segundo quanto comparado ao primeiro DA (Tabela 1)

**Tabela 1.** Perfil socioeconômico dos indivíduos amostrados. Paragominas, Pará.

	Distritos Administrativos	
	Angelim	Nagibão
<b>Grau de escolaridade (%)</b>		
Fundamental completo	6	8
Fundamental incompleto	16	42
Ensino médio completo	30	30
Superior Completo	10	1
<b>Renda Familiar (Salário-mínimo)</b>		
Nenhum	30	24
Até 1	40	42
$1 \leq n^{\circ} \text{ S.M.} \leq 3$	20	32
$4 \leq n^{\circ} \text{ S.M.} \leq 6$	10	2

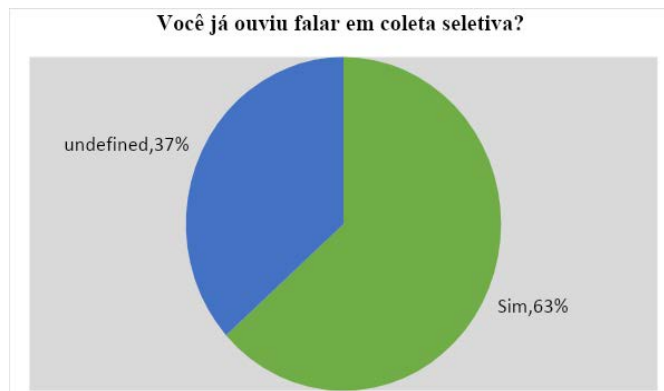
Esta diferença pode ser reflexo do nível de escolaridade dos moradores de cada Distrito Administrativo analisado, destacando que 35% dos entrevistados do Distrito Administrativo Angelim possuem ou estão cursando o Ensino Superior. Isso certamente ocorre devido à distância desses bairros em relação a proximidade com as universidades e faculdades localizadas no centro do município.

Quanto ao grau de escolaridade, o estudo efetuado por Tramontina e Carniatto (2019), concluiu que o quanto mais elevado for o nível dela, melhor será a sensibilidade dos atores envolvidos nas questões que envolvem a conservação ambiental como, por exemplo, os resíduos sólidos. Tais fatos foram evidenciados na pesquisa realizada em Paragominas, onde o DA Angelim, com maior número de indivíduos amostrados com níveis escolares superiores ao DA Nagibão.

Sobre o conhecimento da coleta seletiva – CS, (Figura 3) pode-se constatar que no Distrito Administrativo Angelim 63% dos indivíduos amostrados, sabem ou já ouviram falar sobre o que é a CS, já Distrito Administrativo Nagibão a porcentagem dos sabem o que é CS foi mais baixa, com 37%.



**Figura 3.** Entrevistados que já ouviram falar em coleta seletiva. Paragominas, Pará.

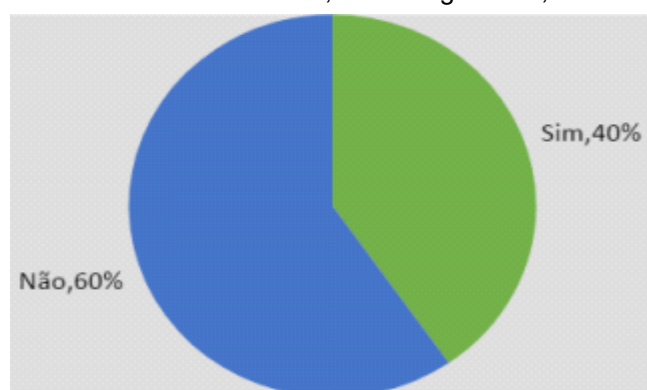


Fonte: autores (2021).

Sobre a Figura 3, verificou-se que não houve um conhecimento homogêneo sobre a CS. Esse quadro pode ser revertido com atividades práticas e teóricas sobre a Educação Ambiental (EA), para incrementar a sensibilidade dos moradores do DA Nagibão, localizado na periferia do município de Paragominas. Tal ação deverá ser direcionada para aumentar as percepções e representações de um ambiente limpo, com o olhar mais crítico sobre a problemática dos resíduos sólidos urbanos (BALDIN; FRIDRICH, 2016; SILVA et al., 2015).

Nota-se que mesmo a maioria dos entrevistados terem afirmado já ter ouvido falar em coleta seletiva, no entanto apenas 60 % no DA Angelim, localizado no centro de Paragominas, sabiam da existência do programa de coleta seletiva no município, e no Nagibão só 40% (Figura 4).

**Figura 4.** Você tem conhecimento se, em Paragominas, tem coleta seletiva?



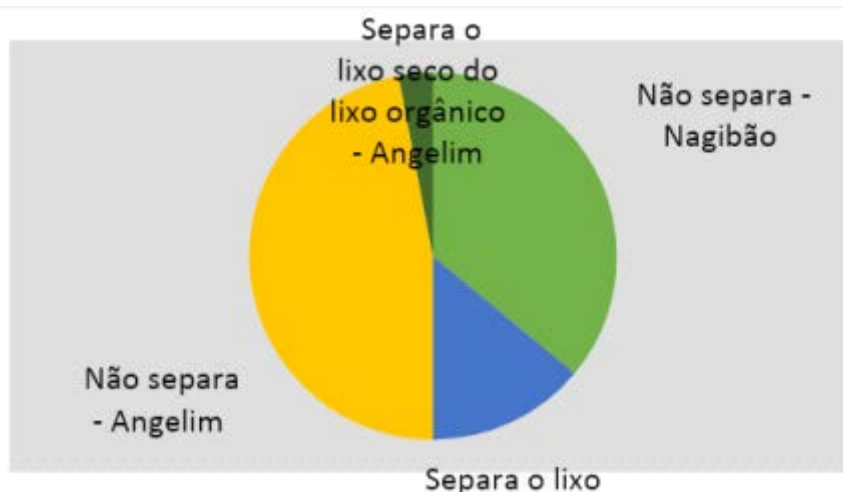
Fonte: autores (2021)

Na Figura 4, configurou-se um percentual elevado para "não", ou seja, desconhecem a existência da CS em Paragominas. Isso deve-se ao fato de não haver maior divulgação do programa, apesar de já existir uma campanha na emissora local informando como ocorre a coleta seletiva. Nesse contexto, Bringhenti e Gunther (2011), afirmam que a efetividade

de programas e iniciativas de coleta seletiva requer necessariamente o envolvimento dos cidadãos. A comunidade deve ser sensibilizada, motivada e os conceitos e práticas precisam ser assimilados e incorporados ao cotidiano da população envolvida.

Em relação aos hábitos de separação do lixo, os dados obtidos e analisados, indicaram que, mesmo a população sabendo da existência da coleta seletiva, somente 14% dos entrevistados no DA Nagibão separa os seus resíduos de forma adequada, e somente 3% no Angelim (Figura 5).

**Figura 5.** Quais são seus hábitos em relação a separação do lixo?



Fonte: autores (2021).

Pode-se verificar na Figura 5, que os moradores desconhecem a forma correta de como separar os resíduos, pois a maioria dos entrevistados nos dois DA's do município de Paragominas, não separam o lixo seco do orgânico. Sobre a não realização dessa ação, Leme (2009), diz que um fator que pode influenciar a participação dos moradores na separação de materiais recicláveis é o grau de informação do morador sobre resíduos sólidos.

Quanto a participação no programa de CS no DA Angelim, os dados obtidos e analisados indicaram que 72% dos indivíduos amostrados afirmaram que participaria se houvesse mais incentivo, e 8% não participa por falta de tempo, enquanto 6% não participa por falta de tempo e somente 14% já participa da coleta seletiva (Figura 6).

**Figura 6.** Respostas obtidas quanto: a) Como está sua participação na coleta seletiva bairro Angelim; b) Como está sua participação na coleta seletiva bairro Nagibão? Paragominas, Pará.



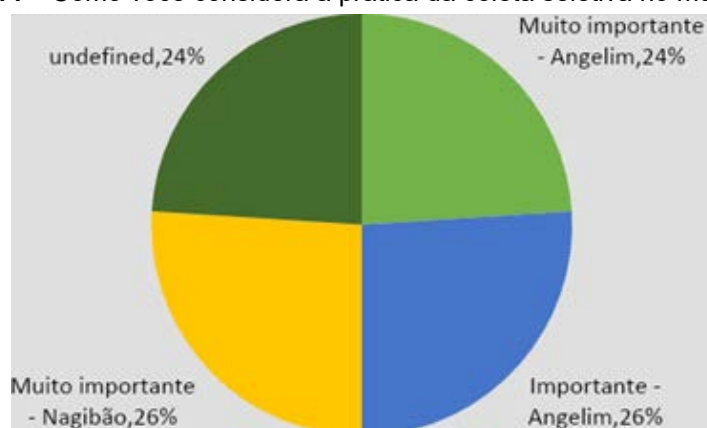
Fonte: autores (2021)

Na Figura 6, ficou evidente que, no DA Nagibão, a participação da CS, está vinculada ao incentivo (88%) proporcionado pela prefeitura local, o que, atualmente, não ocorre. Quanto a não participação, 8% afirmaram que é devido à falta de tempo, e 4% disseram que não participa por falta de oportunidade, mas não houve nenhum que já participasse da coleta seletiva.

Acerca dessa participação, Bringhenti e Günther (2011), na pesquisa realizada em Vitória – ES, obtiveram dados que as permitiram afirmar que essa participação é dependente do perfil socioeconômico, além do cultural. Ao analisar os dados obtidos para o município de Paragominas sobre essas duas variáveis, percebeu-se que isso é real, ou seja, a maior porcentagem de renda elevada ( $4 \leq n.º \text{ S.M.} \geq$ ) e nível de educação (superior completo = 10%), foi identificado no DA Angelim.

Em relação, a percepção dos moradores no que diz respeito a importância da prática da coleta seletiva no município, quanto atrativo turístico, 26% da população do bairro Angelim, afirma que a coleta seletiva é muito importante, e que isso é importante para a preservação meio ambiente, quanto ao bairro Nagibão a porcentagem foi de 24% dos que consideram a coleta seletiva muito importante e 26% que acham importante (Figura 7).

**Figura 7 -** Como você considera a prática da coleta seletiva no município?



Fonte: autores (2021)

Na Figura 7, ficou evidenciado que em ambos os DA's analisados, as comunidades têm uma noção quanto a importância ou não (= 25%) na prática da CS. Estudo direcionado à essa percepção foi efetuado no município de São Mateus – ES, por Celestino et al. (2021) em uma instituição particular de ensino superior, e que o incremento da sensibilidade ambiental do público com desenvolvimento de ações para estimular e capacitar as comunidades locais na conservação do ambiente a partir da CS.

## CONCLUSÃO

A percepção dos moradores dos bairros Angelim e Nagibão, do Município de Paragominas ainda é limitada no aspecto geral do conceito de coleta seletiva, o que implica na falta de sensibilidade sobre seu papel diante dos impactos gerados pelo inadequado condicionamento dos resíduos. Embora, a grande maioria dos moradores tenham interesse em mudar seus hábitos na segregação de seus resíduos, torna-se de suma importância intervenções que auxiliarão a disseminar esse comportamento pró-ambiental no município. Tais como atividades práticas, palestras e ações voltadas para a coleta seletiva, bem como formalizar parcerias com cooperativas de reciclagem, além de melhor equipar os bairros com maior número de lixeiras seletivas.

Dessa forma, futuramente, o município terá uma população mais instruída e preocupada com a situação tanto da coleta seletiva como do meio ambiente. Simples ações como o incentivo ao aprendizado ambiental podem formar futuros cidadãos mais responsáveis com o meio ambiente.

## REFERÊNCIAS

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2010**. São Paulo: Grappa, 2010.

BALDIN, N.; FRIDRICH, G. A. Percepções socioambientais sobre o rio Iguaçu por crianças de escolas de União da Vitória (PR) e Porto União (SC): Lições de educação ambiental. In: DIAS, L. S.; LEAL, A. C.; CARPI JUNIOR, S. (Orgs.). **Educação Ambiental: conceitos, metodologia e práticas**. Tupã: ANAP, p. 68-98, 2016.

BESSEN, G. R. Programa de Coleta Seletiva de Londrina: Caminhos Inovadores rumo à Sustentabilidade. In: JACOBI, P (Org.). **Gestão Compartilhada dos Resíduos Sólidos no Brasil: Inovação com Inclusão Social**. São Paulo: Annablume, 2006, cap. 4, p. 109-128.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos; altera a Lei n.º 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] União**, de 03 de agosto de 2010, Seção 1, p. 1. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/civil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm](http://www.planalto.gov.br/civil_03/_ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm) > Acesso em: 13 de outubro de 2018.

- BRINGHENTI, J. R.; GUNTHER, W. M. R. Participação social em programas de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos. **Eng Sanit Ambient**, v.16, n.º 4, pp.421-430, 2011.
- CELESTINO, R. S.; CARVALO, R. R. R.; ASSIS., J. S. S.; ALMEIDA, I. F. P.; MOREIRA, J. D.; RAGGI, D. G. As percepções da comunidade escolar sobre a coleta seletiva em uma instituição de ensino superior privada. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v, 16, n 1, pp. 508-426, 2021.
- CONKE, L. S., NASCIMENTO, E. P. A coleta seletiva nas pesquisas brasileiras: uma avaliação metodológica. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 10, n.º 1. pp.199-212, 2018.
- IBGE. Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**, 2010. Disponível em: Pesquisa Nacional de Saneamento Básico | IBGE. Acesso em 13 out. 2018.
- LEME, Simone Maria. Comportamento da população urbana no manejo dos resíduos sólidos domiciliares em Aquidauana–MS. **GEOGRAFIA (Londrina)**, v. 18, n. 1, p. 154-192, 2009.
- MILLER, G. T. **Ciência ambiental**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- NORÕES, M. G; MELO, F. V. S.; MELO, S. R. S. Lixo e coleta seletiva: algumas questões a serem lembradas. Anais do VII SEGeT - **Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**. pp. 1-13, 2011.
- SEMUR. Secretaria Municipal de Urbanismo. Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, 2019. Disponível em: < [https://paragominas.pa.gov.br/wp-content/uploads/2020/04/PLANO\\_MUNICIPAL\\_GIRSP.pdf](https://paragominas.pa.gov.br/wp-content/uploads/2020/04/PLANO_MUNICIPAL_GIRSP.pdf)>. Acesso em: 16 de fevereiro de 2022.
- SIDIQUE, S.F.; JOSHI, S.V.; LUPI, F. The effects of behavior and attitudes on drop-off recycling activities. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 54, n.º 3, p. 163-170, 2010.
- SILVA, G. N.; SANTOS, C. K. S.; SANTOS, M. J. B. A.; SANTOS, T. A. A educação ambiental formal como ferramenta de sensibilização para a coleta seletiva na EMEF Olga Benário, em Aracaju/SE. **Revista Sergipana de Educação Ambiental**, v. 1, n.º 2, pp. 55–77, 2015.
- TRAMONTINA, L. T.; CARMATTO, I. Influência da educação ambiental, do grau de escolaridade e do ambiente de trabalho em práticas ambientais por trabalhadores na indústria. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 14, n.º 1, p. 29-48, 2019.

# OS RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS E A COMPOSTAGEM

**GABRIELA BRITO DE SOUZA**

**MILENA BRITO DE SOUZA**

**RAISSA JENNIFER DA SILVA DE SÁ**

**EDMIR DOS SANTOS JESUS**

**ANTÔNIO PEREIRA JÚNIOR**

**GUNDISALVO PIRATOBA MORALES**

**NORMA ELY DOS SANTOS BELTRÃO**

### INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos são provenientes das ações humanas sendo categorizados mediante aos estados em que são encontrados (gasosos, líquidos e/ou sólidos), cujas classificações estão associadas a origem, estes podendo ser: urbanos, industriais, resíduos de saúde, agrícolas e diferenciados e/ou especiais, além do prima biológico (KRIEGER et al., 2010).

Dentre os resíduos sólidos urbanos, destaca-se os orgânicos, assim classificados em função da composição química que apresentam, que são provenientes da (1) decomposição alimentar e poda; (2) restos de animais mortos e (3) lodos das estações

de tratamento de esgotos, ou seja, eles podem ser determinados como rejeitos que conseguem sofrer processo de decomposição e ciclagem espontânea na natureza, sem agredir a biodiversidade (MMA, 2010).

Para evitar essa agressão, um dos mecanismos disponíveis atualmente, é a compostagem, palavra que deriva do vocábulo “*compost*” que significa “fertilizante orgânico” preparado a partir de restos vegetais e animais (KIEHL, 2012). Quanto ao processo de compostagem, trata-se de uma biooxidação aeróbica que libera energia ao meio ambiente a partir do substrato orgânico não homogêneo, sólido e que produz dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), água, libera substâncias minerais e finalmente gera um composto orgânico estável (ORTIZ, 2013).

Essa ação ocorre na natureza para que haja reposição de substâncias necessárias a manutenção da flora e da fauna. Tal mecanismo foi apropriado pelo homem que inseriu novas técnicas que aceleram a mineralização da matéria orgânica (MO) e, com isso, as necessidades dele são atendidas em um menor espaço de tempo possível, já que ele lucra, quando se utiliza do composto orgânico gerado (OLIVEIRA et al., 2008).

Acerca dessa apropriação e modificação, essa técnica foi inserida no contexto internacional denominado: *smart cities*, ou seja, cidades inteligentes, desde 1990 e tornou-se uma das estratégias para assim classificá-las (LEMOS, 2013). O uso da compostagem também está associado com a busca incessante para a redução residual e mudanças climáticas, sendo alocada nas denominadas *Green Technologies or Eco-friendly Technologies*, ou seja, tecnologias verdes (SARRA, 2013).

Para a agricultura, esse composto orgânico é benéfico para o crescimento de vegetais, tanto longitudinal quanto diametral porque atua com eficiência nas plantações sob a forma de húmus. Contudo, para que haja a aplicação desse substrato, ele deve atender as normativas como, a CONAMA nº 481/17, que dispõe de critérios e procedimentos de modo a propiciar a correta efetividade das etapas físicas e químicas que acompanham o processo da compostagem, além de determinar os materiais que serão utilizados de acordo com a finalidade necessária (MMA, 2010).

No que se refere aos aspectos físico-químicos, eles estão associados ao biológicos, por isso há ocorrência de duas fases distintas: (1) termófila, na qual a degradação é rápida, e há ocorrência de bioestabilização dos resíduos orgânicos com elevada utilização de gás oxigênio (O<sub>2</sub>); (2) mesófila, ou de maturação, onde não há tanta necessidade de oxigenação devido a diminuição da atividade bacteriana e da temperatura (NOGUERA, 2011).

Por todos esses argumentos, os resíduos sólidos orgânicos destinados a compostagem para evitar o descarte inadequado, devem ser objetos de pesquisas constantes, porque há gerações de dados que podem auxiliar os gestores na elaboração de políticas públicas. Portanto, o objetivo dessa revisão consiste em analisar a relação entre os resíduos sólidos orgânicos e a compostagem como processo alternativo para mitigação do descarte inadequado deles.

## **METODOLOGIA**

O método empregado para a pesquisa foi o dedutivo, pois de acordo com síntese elaborada por Ferreira (2011), esse método consiste na análise de fatos verdadeiros, cujas consequências deseja-se compreender, nessa pesquisa parte-se da análise sobre os resíduos sólidos orgânicos e a compostagem. Quanto à abordagem, seguiu-se o descrito por Ferreira (2015), ela é quantitativa e qualitativa. Quantitativa, pois, para o autor, a geração de dados estatísticos possui o intuito de explicar as problemáticas da pesquisa, ademais, é qualitativa posto que tais dados carecem ser interpretados conceitualmente para facilitar a compressão do assunto abordado.

Acerca do levantamento dos dados documentais, ele foi realizado a partir de periódicos nacionais indexados, com um recorte temporal para os últimos 24 anos (1997- 2021), todavia com especial atenção para os últimos seis anos (2015- 2021), além disso, para

esta ação foram consultadas as plataformas de acesso livre do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, divulgado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE).

A partir do levantamento dos dados sobre a resíduos sólidos orgânicos e compostagem, estes foram tratados estatisticamente com o uso de planilhas eletrônicas contidas no software Excel 2013 (MICROSOFT CORPORATION, 1975).

Para a apresentação dos **Resultados e Discussão** adotou-se a seguinte ordem: 1) resíduos orgânicos 2) compostagem 3) geração de compostos orgânicos entre os anos de 2017/2018 e 4) impactos positivos da compostagem, a fim de propiciar uma melhor assimilação dos dados obtidos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### RESÍDUOS ORGÂNICOS

Para os resíduos orgânicos, na Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305/10, há pouca normatização quanto a manipulação, armazenamento, destinação e disposição final deles, embora eles representem ferramentas adequadas para solução de problemas como a degradação do solo, evitar erodibilidade, além de contribuir para a mitigação quanto ao seu acúmulo no meio ambiente (ZAGO; BARROS, 2019).

Como esses resíduos tem gênese diversificada, ou seja, vegetal, animal, restos de alimentos (carnes, cascas de ovos, papel, madeira, ossos, sementes), o tratamento deles deve ser cuidadoso e de extrema importância, pois, no meio ambiente há reações químicas e biológicas como, por exemplo, decomposição bacteriana e geração de metano ( $\text{CH}_4$ ), que contribuem para a proliferação de vetores como ratos (*Ratus* sp) e baratas (*Periplaneta* sp), bem como geram compostos como, o chorume que contamina o lençol freático (CETESB, 2020).

Quanto a esses problemas, eles ocorrem porque a maioria dos 5.540 municípios brasileiros, não praticam a segregação domiciliar que é constituída por 60% de resíduos orgânicos, além disso, as comunidades municipais, devido à ausência de um local adequado, depositam esses resíduos em unidades sem servidão social, margens de estradas, fundos de rios, lagos, dentre outros, e não consideram ainda o reaproveitamento deles (OLIVEIRA; MEIRA, 2017).

### COMPOSTAGEM

Em relação as fases observadas no processo de compostagem, os dados obtidos e analisados indicaram que elas se dividem em três etapas que variam conforme a temperatura a ser utilizada no controle biológico. Quanto a funcionalidade dessa variável (tempe-



ratura), o controle das populações microbianas é essencial para que a degradação ocorra nas duas fases (termofílica e mesofílica). Quando se exerce o controle da temperatura no processo da compostagem (Tabela 1), pode-se obter informações acerca da evolução do processo, isso porque cada microrganismo atua metabolicamente em diferentes faixas de temperatura (HECK et al., 2013).

**Tabela 1:** Temperatura das fases da compostagem. Paragominas- PA.

Temperatura (°C)		
Criofílico <35°C	Mesofílico 35-55°C	Termófilos >55°C
Condição de organismo que se desenvolve melhor em baixas temperaturas	Melhor condição de desenvolvimento	Condição de organismo que se desenvolve melhor em altas temperaturas

**Fonte:** Adaptado de Pereira e Gonçalves (2011).

Outro problema é o controle da proliferação dos microrganismos como, por exemplo, o gênero *Bacillus*, pois eles atuam sobre derivados de fontes vegetais e animais. A espécie *Bacillus licheniformis* dispõem de caráter saprófito e termofílica, sendo capaz de produzir enzimas à 37°C e crescimento ideal a 50°C, logo, atuando na ciclagem de nutrientes e na desnitrificação (EPA, 1997; LARSEN, 2014). Além do controle da temperatura e a diversidade microbiológica, outra variável que pode gerar problemas na compostagem, é a relação carbono-nitrogênio (C/N), onde a proporção ideal é 30/1. Isso envolve a escolha do material orgânico porque essa relação pode variar de acordo com o tipo de resíduo utilizado (Tabela 2).

**Tabela 2 –** Material orgânico e a relação C/N. Paragominas, Pará.

Materiais	Nomenclatura científica	M.O (g/kg)	C/N	C (g/kg)	N (g/kg)
Abacaxi (fibras)	<i>Ananas comosus</i> L.	714,1	44/1	396,0	9,0
Arroz (cascas)	<i>Oriza sativa</i> L.	850,0	63/1	472,5	7,5
Arroz (palhas)	<i>Oriza sativa</i> L.	543,1	39/1	304,2	7,8
Bagaço de carne	-----	585,0	22/1	327,8	14,9
Bagaço de laranja	<i>Citrus chinensis</i> L. Osbeck	22,5	18/1	127,8	7,1
Borra de café	<i>Cofeea arábica</i> L.	867,9	25/1	477,5	19,1
Capim-colonião	<i>Panium maximum</i>	910,3	27/1	504,9	18,7
Esterco de gado	-----	621,1	18/1	345,6	19,2
Esterco de galinha	-----	540,0	10/1	304,0	30,4
Feijão guandu	<i>Cajanus</i> spp.	959,0	29/1	524,9	18,1
Gramma batatais	<i>Paspalum notatum</i>	908,0	36/1	17/1	163,2
Serrapilheira	-----	306,8	17/1	163,2	9,6
Torta de usina de açúcar	-----	787,8	20/1	438,0	21,9
Turfa	-----	398,9	57/1	222,3	3,9

**Fonte:** adaptada a partir do original contido em Oliveira et al (2008).

É notório que a escolha dos resíduos é um dos problemas na aplicação da técnica de compostagem. Sendo assim, essa etapa necessita de cuidados com o intuito de evitar que o produto seja inadequado ao uso na agricultura, seja ela de grande, médio ou pequeno porte (OLIVEIRA et al., 2008). Outro problema está associado a umidade relativa, porque ela atua sobre as necessidades fisiológicas dos organismos, o que interfere diretamente na relação carbono/nitrogênio. Logo, se a relação for superior a 40/1, haverá tendência de diminuição no teor de nitrogênio, e isso irá desacelerar a decomposição da MO, ademais, quando a relação se situa em 25/1, se observa um excesso de nitrogênio, e ocorrerá a volatilização da amônia, que prejudicará a compostagem (RODRIGUES et al., 2017).

Na visão de Carlesso et al. (2011), também existem desvantagens nas etapas de compostagens como, por exemplo, as constantes variações no pH a partir do número de revolvimentos na composteira. Nesse sentido, para Costa et al. (2015), as faixas de pH situadas entre 5,5 e 8,0 são ideais à proliferação de microrganismos decompositores que atuam na redução do volume da massa orgânica. Além destas, pode-se identificar outras desvantagens como: (1) proliferação de insetos vetores, (2) maus odores, (3) custo com mão de obra, (4) necessidade de grandes áreas e (5) toxicidades no solo.

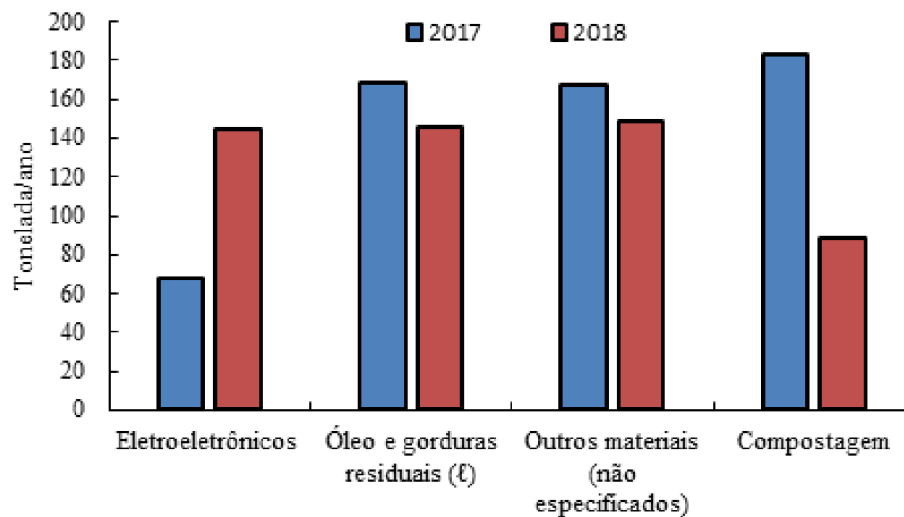
Ainda no que se refere a maturação incorreta da compostagem, destaca-se a obstrução da germinação de sementes por meio da geração de ácidos orgânicos que retiram o nitrogênio dos resíduos, de acordo com o grau em que se decompõem. Além disso, outro fator negativo, é a produção de toxinas no solo, que também interferem na atrofia dos embriões (plântula) do vegetal, o que gera malefícios às plantas, pois, com a retirada do nitrogênio, advém à liberação de amônia (NH), que é uma substância corrosiva e tóxica para a estrutura dos vegetais (PAULA; CEZAR, 2011).

Outro ponto a ser destacado como desvantagem, é a tempo de decomposição dos materiais a serem empregados na compostagem. Sobre isso, o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2017), no caso do considerado orgânico, a decomposição ocorre em até um ano (Ex.: vegetais), todavia, os inorgânicos (Ex.: pneus) o tempo aproximado é de 100 anos. O resultado disso [é um adubo com baixa qualidade. Uma das formas mais certas de evitar isso é com a prática da segregação dos resíduos sólidos, que já possui legislação própria: Resolução CONAMA n.º 275 (BRASIL, 2001).

## GERAÇÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS ENTRE OS ANOS DE 2017/2018

Acerca de geração de compostos orgânicos, a análise dos dados obtidos indicou que em 2017 a compostagem foi a mais prolifera, com 183 toneladas de materiais coletados. Já em 2018 outros materiais não identificados apresentaram maior percentual (Figura 1).

**Figura 1.** Volume (t/ano) coletado de resíduos orgânicos e materiais diversos em 2017 e 2018. Paragominas, Pará



Fonte: adaptado da Abrelpe (2019).

Em relação a compostagem, ela foi a mais prolifera em 2017, uma vez que, os serviços básicos, tais como: (1) varrição, (2) limpeza, (3) manutenção de parques/jardins e (4) limpeza de córregos, foram bem intensificados no ano em análise, com 84.303 toneladas de resíduos recicláveis. Essas atividades apresentaram elevados percentuais já que se observou maior participação dos catadores e cooperativas de reciclagem, com geração de renda de aproximadamente R\$ 39,1 milhões de reais (ABRELPE, 2019).

Todavia, no ano de 2018, houve uma queda no percentual desses serviços (abaixo de 2,17%), desse modo, o mercado de limpeza urbana para reciclagem, movimentou menos recursos (abaixo de 20,5%) do que em 2017, já que foram coletadas e comercializadas apenas 67.048 toneladas de resíduos, o que afetou a geração de trabalho. Logo, o setor perdeu cerca de 5 mil postos de trabalho, uma diminuição de 1,4% em relação ao ano anterior (ABRELPE, 2019).

## IMPACTOS POSITIVOS DA COMPOSTAGEM

Os dados obtidos e analisados indicaram que o processo de compostagem é uma alternativa viável quando se trata do reaproveitamento de resíduos orgânicos, uma vez que haverá a redução desse material que seria descartado, através da fabricação de adubos ou compostos orgânicos. Acerca dessa afirmativa, Souza et al. (2020), efetuaram pesquisa exploratória sobre a eficácia da produção de biofertilizante e compostagem a partir de resíduos sólidos orgânicos, e concluíram que a maturação de compostos orgânicos na compostagem é eficaz, contribui com a redução (80%) de restos alimentares, por intermédio da reciclagem. Além disso, ela é uma alternativa positiva para minimizar os impactos no acúmulo e descarte inapropriado destes resíduos na natureza.

Quando o composto orgânico final se estabiliza adequadamente, o uso dele é vantajoso, visto que a matéria orgânica tem influência nas particularidades do solo como, por exemplo, na infiltração/disponibilidade de nutrientes, ação biológica e propriedades físico-químicas (Ex.: o grau de pH, umidade, dentre outros) do solo (COSTA et al., 2015). Ademais, tal afirmativa foi comprovada na pesquisa realizada por Melo et al. (2018), sobre gestão urbana e disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos na bacia do ribeirão, onde eles observaram que os impactos positivos nas camadas verticais e horizontais do solo ocorrem porque: (1) quando em contato com a camada superficial do solo, a compostagem enriquece o mesmo, atuando na recuperação de áreas afetadas por degradações antrópicas, além de (2) colaborar para sua fertilidade.

## CONCLUSÃO

A compostagem é a alternativa de reaproveitamento dos resíduos orgânicos, que tem ganhado uma significativa notoriedade, pois, a sociedade tem se preocupado com o uso sustentável dos recursos naturais. Ademais, essa técnica tem sido indicada como base para redução da geração de gastos, principalmente do dinheiro público, por reduzir custo com transporte dos pontos de coleta até os lixões ou aterros, que geralmente é a destinação final desses resíduos orgânicos, além de aumentar a vida útil dos aterros sanitários e, conseqüentemente, contribuir para a manutenção do meio ambiente.

Além disso, ao realizar a compostagem de maneira correta, não produzirá mau cheiro ou atração de vetores, quando forem levados em consideração fatores como a umidade, temperatura e a aeração do processo, logo que se observa a existência de um ciclo contínuo entre produção e consumo sustentável.

## REFERÊNCIAS

ABRELPE. Associação Brasileira De Empresas De Limpeza Pública E Resíduos Especiais, 2019. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018/2019**. Disponível em: file:///C:/Users/CLIENTE/Downloads/PanoramaAbrelpe\_-2018\_2019.pdf. Acesso em: 23 set. 2021.

BRASIL. Resolução CONAMA, n.º 275 de 25 de abril de 2001. Estabelece o código Nacional de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas companhas informativas para a coleta seletiva. In: Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resoluções do CONAMA: resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012**. Brasília: MMA, 2012, p. 804.

CARLESSO, W. M.; RIBEIRO, R.; HOEHNE, L. Tratamento de resíduos a partir de compostagem e vermicompostagem. **Revista destaques acadêmicos**, v.3, n.º 4, pp.105-110, 2011.

CETEBS. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2020. **Biogás**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/biogas/2017/11/08/lixao-e-lixo-organico-conheca-os-maleficios-ao-meio-ambiente/>.

Acesso em: 20 set. 2021.

COSTA, A. R. S.; XIMENES, T.; XIMENES, A. F.; BELTRAME, L. T. C. O processo da compostagem e seu potencial na reciclagem de resíduos orgânicos. **Revista GEAMA**, v.1, n.º2, pp.246-260, 2015.

FERREIRA, C. A. L. Pesquisa quantitativa e qualitativa: perspectivas para o campo da educação. **Revista Mosaico**, v. 8, n.º 2, pp. 173-182, 2015.

FERREIRA, J. Estudo exploratório sobre a construção de hipóteses: entre o método e os contextos de produção. **Revista Libero**, v.14, n.º 27, pp.79-92, 2011.

HECK, K.; DE MARCO, E. G.; HANN, A. B. B.; KLUGE, M.; SPIOLIKI, F. R.; VAN DER SAND, S. T. Temperatura de degradação de resíduos em processo de compostagem e qualidade microbiológica do composto final. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.º 1, pp.54-59, 2013.

KIEHL, E. J. **Manual de Compostagem maturação e qualidade do composto**. Ceres, 6ª ed. Piracicaba, 2012.

KRIEGER, M. G.; MACIEL, A. M. B.; ROCHA, J. C. C.; FINATTO, M. J. B.; BEVILACQUA, C. R. Dicionário de Direito Ambiental: Terminologia das leis de meio ambiente. **Revista de Direito de Ambiental**, v.5, n.º 2, pp.100-111, 2010.

LARSEN, N.; THORSEN, L.; KPIKPI, E. N.; SUTER-LAURINDSEN, B.; CANTOR, M. D.; NIELSEN, B.; BROCKMANN, E.; DERKX, P. M.; JESPERSEN, L. Characterization of Bacillus spp. strains for use as probiotic additives in pig feed. **Appl Microbiol Biotechnol**, v.98, pp. 1105–1118, 2014.

LEMOS, A. Cidades inteligentes. **Revista GV Executivo**, v.12, n.º 2, pp.46-49, 2013.

MELO, A. C. A.; MACHADO, G.; CAMARGO, K. C. Gestão urbana e disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos na bacia do ribeirão Quati – Londrina-PR. 1. 2018. In: Simpósio Nacional de Geografia e Gestão Territorial e Semana de Geografia da Universidade Estadual de Londrina. 1, 24, Paraná, **Anais eletrônicos**. Disponível em: Simpósio Nacional de Geografia e Gestão Territorial e Semana Acadêmica de Geografia da Universidade Estadual de Londrina (uel.br). Acesso em 20 out. 2021

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Manual para implantação de compostagem e de coleta seletiva no âmbito de consórcios públicos**. 2010. Disponível em: [http://www.residuossolidos.al.gov.br/vgmidia/arquivos/312\\_ext\\_arquivo.pdf](http://www.residuossolidos.al.gov.br/vgmidia/arquivos/312_ext_arquivo.pdf). Acesso em: 20 out. 2021.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Compostagem doméstica, comunitária e institucional de resíduos orgânicos: manual de Orientação**. Brasília: MMA, 2017.

NOGUERA, J. O. C. Compostagem como prática de valorização dos resíduos alimentares com foco interdisciplinar na educação ambiental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.3, n.º 3, pp.316-325, 2011.

OLIVEIRA, A. C.; MEIRA, J. C. Impactos ambientais decorrentes da falta de compostagem do lixo orgânico no município de Morrinho/Goiás. In: Simpósio Interdisciplinar em Ambiente e Sociedade.1.2017. **Anais eletrônicos**. Disponível em: <https://www.anais.ueg.br/index.php/sias/article/view/12004>. Acesso em: 20 set. 2021.

OLIVEIRA, E. C. A. *et al.* **Compostagem**. Disciplina: Matéria Orgânica do Solo. Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2008.

ORTIZ, S. **Compostagem**. 2013. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/GiovannaOrtiz/aula-6-compostagem>. Acesso em: 21 set. 2021.

PAULA, L. G. A.; CEZAR, V. R. S. Compostagem de resíduos orgânicos da área verde do Campus

Marechal Deodoro–Ifal em função do número de revolvimentos. **Revista Engenharia Ambiental**, v.8, n.º4, pp.155-163, 2011.

PEREIRA, A. P.; GONÇALVES, M. M. Compostagem doméstica de resíduos alimentares. Pensamento Plural. **Revista Científica do UNIFAE**, v.5, n.º 2, 2011.

RODRIGUES, A. C.; BAUM, C. A.; FORMENTINI, J.; BOZZETO, C.; RITTER, L. G.; DA ROS, C. O. Atributos químicos de resíduos orgânicos compostados. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v.6, n.º 1, pp.193-208, 2017.

SARRA, A. Propriedade intelectual e tecnologias verdes. **Revista Humanidades em Diálogo**, v. 5, pp.77-91, 2013.

SOUZA, G. B.; BARROSO, L.; SANTOS, W, A. S. S.; SPIZA, M. B.; PEREIRA JÚNIOR, A. Production of Biofertilizer and Composting from Solid Organic Residues of a Restaurant: A Case Study. **Modern Environmental Science and Engineering**, v.6, n.º 1, pp.31-37, 2020.

UNITED ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Bacillus licheniformis final risk assessment**. 1997. Disponível em: <http://www.epa.gov>. Acesso em: 21 set. 2021.

ZAGO, V. C. P.; BARROS, R. T. V. Gestão dos resíduos orgânicos urbanos no Brasil: ordenamento jurídico à realizada. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.24, n.º 2, pp.219-228, 2019.

# IDENTIFICAÇÃO DE NÃO CONFORMIDADES DA LOCALIZAÇÃO DE UM LIXÃO NO MUNICÍPIO DE BARCARENA/PA SEGUNDO NBR 13.896/97

**DAVI FARIAS DA SILVA**

**GUSTAVO GUTEMBERG GONÇALVES  
DA COSTA**

**ANA PAULA SIMÕES CASTRO**

## INTRODUÇÃO

Define-se como resíduos sólidos (RS) materiais que, no geral, perderam a sua utilidade para a fonte geradora, cuja composição pode ser orgânica ou inorgânica, no estado sólido ou semissólido, a exemplo de alimentos, cinzas, restos de animais, sobras de construção civil, pesticidas, materiais contaminantes, latas, plásticos, entre outros (CONCEIÇÃO et al., 2020). O crescimento de sua geração é uma consequência negativa do aumento substancial da produção e do consumo de bens pela população. Entretanto, não apenas a geração vem aumentando, como também a sua toxicidade, por meio do uso de produtos químicos e de “energias não limpas” na cadeia produtiva (POSSAMAÍ, 2007).

A disposição final inadequada dos RS representa uma das principais causas de impactos ambientais contemporâneos,

principalmente nos países em desenvolvimento (COSTA et al., 2016). Corroborando com esta afirmativa, Januário et al. (2017) comentam que a problemática dos resíduos sólidos no Brasil ocorre desde o processo de acondicionamento até a disposição final dos RS e o confinamento sob controle técnico permanente, é ainda precário.

Para a Política Nacional de Resíduos Sólidos, a distribuição ordenada em aterros sanitários é a destinação final ambientalmente adequada para os RS (BRASIL, 2010). Entretanto, dados da ABRELPE (2020) informam que, por mais que a maior parte dos municípios brasileiros destinem seus resíduos domiciliares para aterros sanitários, cerca de 40,5% ainda se utilizam de formas inadequadas de disposição final, a exemplo da Região Norte que 2019, descartou cerca de 1.664.765 toneladas de resíduos em lixões.

Em sua revisão de literatura, Brito et al. (2019) enfatizam que alguns dos impactos ambientais causados pelos lixões são: a percolação dos líquidos derivados da putrefação do lixo; transmissão de doenças para pessoas e animais; liberação de gases estufas e os riscos de incêndios por meio da geração destes mesmos gases. Os mesmos

autores também apontam problemáticas sociais graves, como: a forma degradante de trabalhos no qual os catadores de material reciclável ficam expostos e a vulnerabilidade ambiental e de saúde pública daqueles que moram próximos ao lixão, que alteram a qualidade de vida da comunidade. Este é o caso do município de Barcarena, município localizado no Estado do Pará, que possui em seu território a ocorrência de alguns desses lixões, como os próximos ao bairro Bom Futuro, localizado no distrito do Murucupi.

A NBR 13.896 dispõe sobre os critérios para projeto, implantação e operação de aterros de resíduos não perigosos (ou resíduos sólidos urbanos), enfatiza a necessidade de critérios para a localização de um aterro, visando minimizar os impactos ambientais e a maximização da aceitação da população. Esta norma vem sendo também aplicada para avaliar a existência, ao menos, de conformidade da localização de lixões em relação a núcleos urbanos e hidrografia, uma vez que por ser uma forma ambientalmente inadequada, não há legislações vigentes para implantação e operação de lixões (BRASIL, 1997).

Diante do exposto, o presente estudo tem por objetivo avaliar, através de técnicas de geoprocessamento, se a localização do lixão do Bom Futuro encontra-se conforme aos critérios de localização abordados pela NBR 13.896/97, de forma a saber se os impactos ambientais provenientes desta destinação ambiental inadequada utilizada pelo município são maximizados por conta da não conformidade a estes critérios.

Para que os objetivos sejam alcançados, será feito a investigação da distância dos lixões em relação a habitações humanas, bem como quantificar o número de casas inseridas dentro do limite estabelecido pela norma, e investigar a distância deles em relação aos corpos hídricos locais. Sendo positivo para as não conformidades, o estudo também visa identificar como estas podem afetar as populações que se encontram próximas ao lixão ou que utilizam os recursos hídricos passíveis de contaminação.

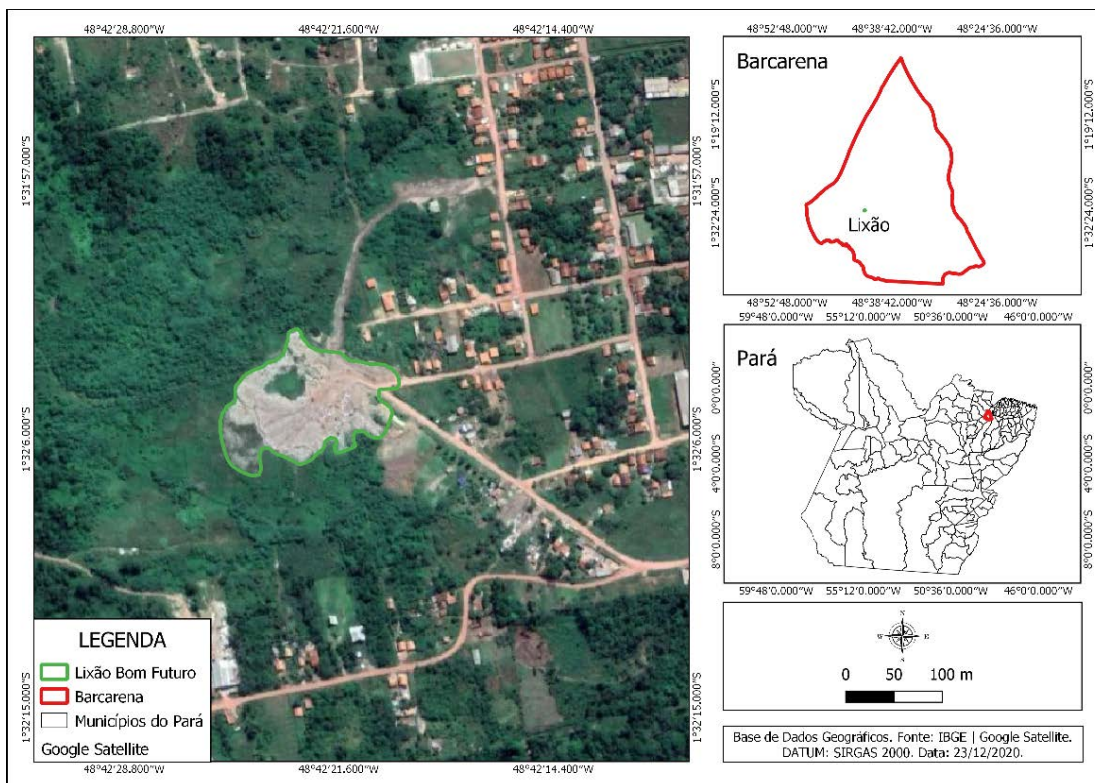
## **METODOLOGIA**

### **ÁREA DE ESTUDO**

A área objeto desta pesquisa é o lixão Bom Futuro, localizado no distrito do Murucupi, no município de Barcarena, localizado na porção nordeste do Estado do Pará (Figura 1).



**Figura 1.** Localização geográfica do Lixão Bom Futuro. Barcarena, Pará



Fonte: autores (2020).

A problemática do lixão Bom Futuro é bem explanada por Brasil (2017). Segundo o autor, a partir da década de 1970, Barcarena começou a passar por um processo de territorialização de empresas minero-metalúrgicas que atingiu a dinâmica populacional do município. Antes, Barcarena girava em torno do extrativismo e agricultura tradicional, o que gerava impactos pouco expressivos em relação a geração de resíduos sólidos, o que mudou com a chegada de companhias como Alumínio do Norte do Brasil (ALUNORTE) e Alumínio Brasileiro S/A (ALBRAS), pois alterou o poder de consumo dos habitantes locais, atraiu movimentos migratórios para a cidade e aumentou a variedade de tipos de resíduos gerados.

O local onde hoje encontra-se o lixão antes era território de famílias que viviam da terra e de seus saberes sustentáveis. Com a instalação da Vila do Conde para abrigar as famílias dos trabalhadores das empresas minero-metalúrgicas, a área passou a servir como área de empréstimo de terra para as construções do citado distrito. Todavia, parte da abertura na terra deixada por esse emprego da terra passou a servir de depósito de resíduos industriais e, somente bem depois, como depósito de resíduos domiciliares, havendo posteriores tentativas sem sucesso de conter o lixão que estava se formando, acarretando hoje no local que recebe todos os resíduos domiciliares de Barcarena (BRASIL, 2017).

## CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

O presente estudo é uma pesquisa investigativa para avaliar as conformidades de localização do lixão do Bom Futuro segundo a NBR 13.896 (BRASIL, 1997), bem como os critérios adotados para o projeto, implantação e operação de aterros de resíduos não perigosos. A finalidade dos critérios de localidade de área de disposição final de resíduos sólidos é em número de oito (Quadro 1).

**Quadro 1.** Critérios de localização para implantação de área para destinação final de resíduos sólidos.

<b>Critério</b>	<b>Descrição</b>
<b>1. Topografia</b>	Recomendam-se locais com declividade superior a 1% e inferior a 30%.
<b>2. Geologia e tipos de solos existentes</b>	Considera-se desejável a existência, no local, de um depósito natural extenso e homogêneo de materiais com coeficiente de permeabilidade inferior a 10 <sup>-6</sup> cm/s e uma zona não saturada com espessura superior a 3,0 m.
<b>3. Recursos hídricos</b>	O aterro deve ser localizado a uma distância mínima de 200 m de qualquer coleção hídrica ou curso de água.
<b>4. Vegetação</b>	O estudo macroscópico da vegetação é importante, uma vez que ela pode atuar favoravelmente na escolha de uma área quanto aos aspectos de redução do fenômeno de erosão, da formação de poeira e transporte de odores.
<b>5. Acessos</b>	Fator de evidente importância em um projeto de aterro, uma vez que são utilizados durante toda a sua operação.
<b>6. Tamanho disponível e vida útil</b>	Recomenda-se a construção de aterros com vida útil mínima de 10 anos.
<b>7. Custos</b>	A elaboração de um cronograma físico-financeiro é necessária para permitir a análise de viabilidade econômica do empreendimento.
<b>8. Distância mínima de núcleos habitacionais</b>	Deve ser avaliada a distância do limite da área útil do aterro a núcleos populacionais, recomendando-se que esta distância seja superior a 500 m.

**Fonte:** BRASIL (1997).

Para este estudo, os itens a critérios avaliados por meio de ferramentas de geoprocessamento serão os itens três e oito, uma vez que tal norma destina-se para aterros sanitários, estando apenas sendo aplicado ao estudo em questão para avaliar as potencialidades de impactos socioambientais do lixão Bom Futuro por conta de sua localização, bem como que seriam necessárias outras ferramentas para a análise dos outros itens.

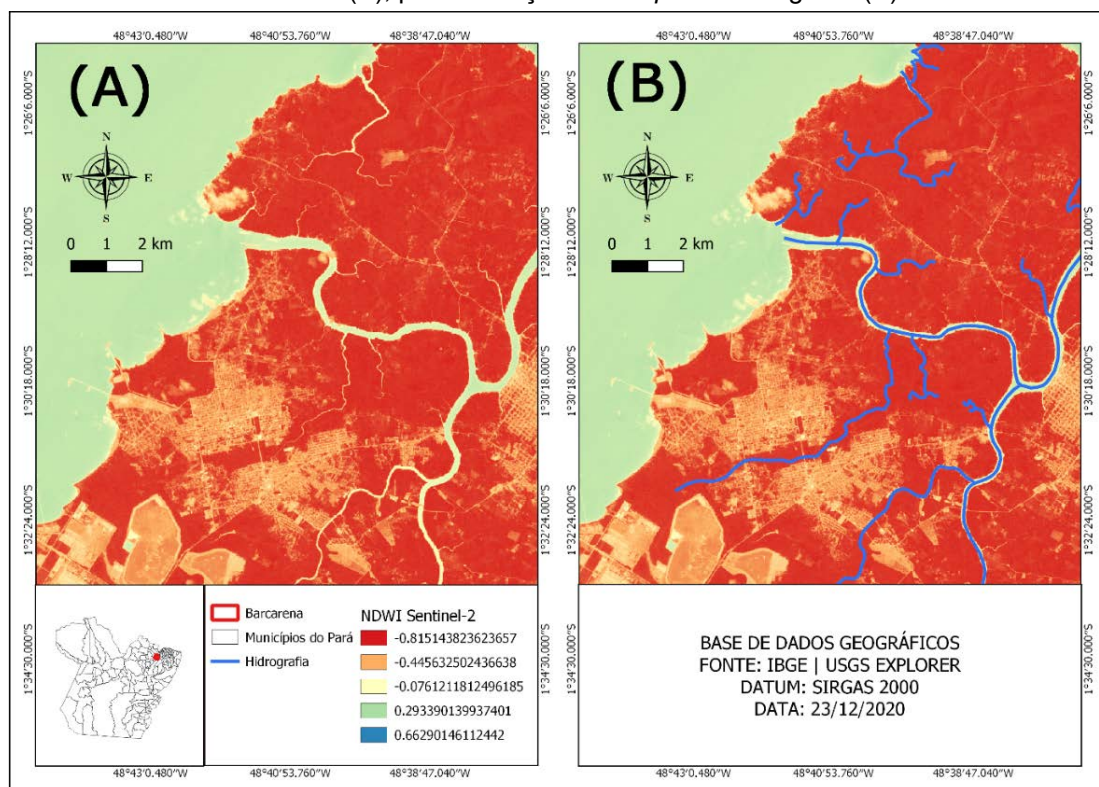
Assim, através do complemento HCMGIS do *software* QGis, utilizou-se uma imagem atualizada do *Google Satellite* para delimitar a área do lixão Bom Futuro. A análise da distância do lixão em relação aos corpos hídricos e residências da região foi feita através da geração de dois *buffers*, sendo um de 200 m a partir da área do lixão para averiguar a existência de corpos hídricos dentro de área não conforme em relação à NBR 13.896/1997, e outro de 500 m para contabilizar quantas residências existiam dentro deste limite não recomendado.

## Para a análise de recursos hídricos

Para poder identificar os recursos hídricos da região foram baixadas do site da *USGS Explorer* imagens Sentinel-2 datada de 7 de setembro de 2020 por encontrar-se dentro do período de menor pluviosidade na região, garantindo uma menor interferência por conta da cobertura de nuvens. As imagens foram reprojetaadas para o *datum* SIRGAS 2000 para serem trabalhadas com sistema de projeções geográficas. Após isso, foi realizada um pré-processamento por meio do complemento SCP do QGis para correção atmosférica.

Finalizada a correção atmosférica, optou-se em aplicar o índice NDWI (Figura 2a) para a criação de uma nova imagem que pudesse realçar melhor a hidrografia local. Com isto, foi criado um *shapefile* (Figura 2b) para representar a hidrografia da região, sendo esta hidrografia as águas superficiais no interior do município de Barcarena para ser utilizado na análise final.

**Figura 2.** Aplicação de NDWI em imagem Sentinel-2 para realce dos corpos hídricos do município de Barcarena (A), para a criação do *shape* de hidrografia (B).



NDWI: Índice de Água de Diferença Normalizada, em português. **Fonte:** autores (2020).

## Para a análise das residências

Partindo da área do lixão, foi criado um buffer de 500 m para identificação das residências que se encontravam dentro deste limite de espaço. Com a delimitação desta área, foram contabilizadas as residências (e/ou edificações humanas) através da criação de um *shape* de multipontos demarcando cada uma delas. Desta forma, foi elaborado um mapa final unindo todas as análises para identificar as não conformidades quanto aos critérios de

localização de áreas destinadas para disposição final de resíduos sólidos e levantada uma discussão na literatura científica para a identificar os possíveis impactos socioambientais que vem a surgir desta situação.

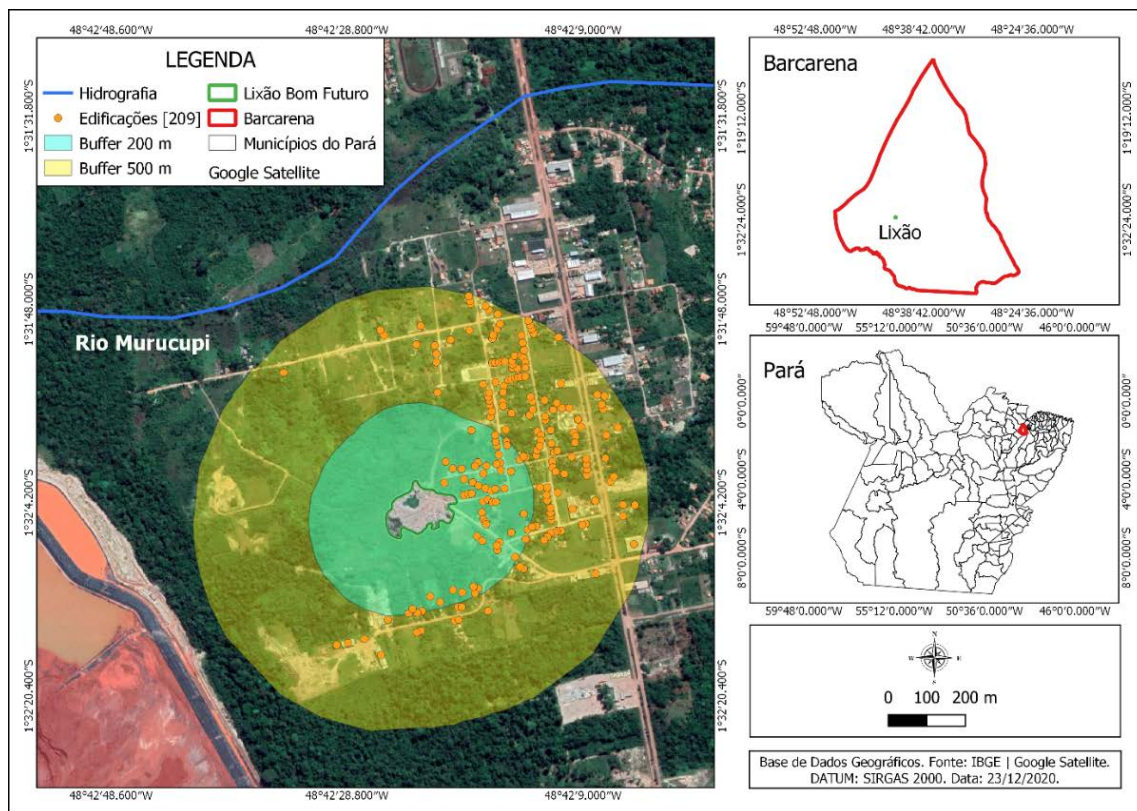
### **Identificação de Impactos Ambientais Sobre a População e os Recursos Hídricos**

Esta etapa foi abordada por meio da visita dos autores ao Lixão Bom Futuro, ocorrido em 11 de janeiro de 2020, através de visita técnica realizada pela Faculdade Estácio Belém para os alunos do curso de Pós-Graduação em Gestão, Consultoria, Auditoria, Perícia e Fiscalização Ambiental, para a verificação das condições socioambientais do local. Juntamente a isto, foi realizado um levantamento de informações através de literatura científica disponível sobre o lixão.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O Geoprocessamento é uma poderosa ferramenta computacional para o gerenciamento de recursos naturais, uma vez que processa dados geograficamente referenciados e pode ser bastante útil na abordagem integrada (HAMADA; EMÍLIA, 2007). Sua utilização permite a superposição e o cruzamento de informações, integrando em uma base, informações diversas. Com isto, utilizando-se deste recurso na metodologia proposta foi obtido como produto o mapa contendo as análises espaciais para averiguar as não conformidades de localização do lixão Bom Futuro em relação à sua distância de núcleos urbanos e hidrografia, ilustrado na Figura 3

**Figura 3.** Resultado das análises espaciais. Barcarena, Pará.



**Fonte:** autores (2020).

Percebe-se na Figura 3 que a aplicação do buffer de 200 m revelou que não existem corpos hídricos superficiais que estejam dentro do limite de não conformidade de distância em relação ao lixão. O rio Murucupi é aquele que se encontra mais próximo, entretanto, seu trajeto situa-se a uma distância superior ao de 500 metros.

Na situação das residências percebe-se uma inconformidade quanto a localização, pois os núcleos populacionais encontram-se dentro do limite não permitido pela NBR 13.896/97, uma vez que foram contabilizadas 209 edificações em um raio de 500 m. Dessa forma, percebe-se que, pela metodologia proposta para esta pesquisa, o lixão do Bom Futuro pode acarretar impactos ambientais que afetam bastante o cunho social. Pela proximidade das residências em relação ao lixão, não apenas os catadores de lixo, que trabalham na coleta seletiva do lixo que chega ao local, são afetados, como também os moradores do entorno.

Uma pesquisa levantada por Santos (2015) revelou que cerca de 80 famílias sobrevivem como catadores do Lixão Bom Futuro, havendo revezamento em dois turnos de coleta. Nunes et al. (2017) traz em sua pesquisa que boa parte desses catadores são moradores dos arredores do lixão (cerca de 57% do total). Desta forma, caso esses dados tenham se mantido, cerca de 45 famílias são impactadas pelo lixão, não apenas por trabalharem nele, mas também por habitarem ao seu redor.

A problemática social do lixão de Barcarena sobre essas pessoas corrobora com a revisão de literatura de Brito et al. (2019), uma vez que Nunes et al. (2017) identificaram a propagação de mosquitos, moscas, baratas, ratos e urubus. Estes animais são conhecidos por serem vetores de doenças como a dengue, febre amarela, febre tifoide, disenteria, filariose, malária e toxoplasmose (SIQUEIRA; MORAES, 2009; FILHO; BARETO, 2011). Desta forma, as residências que se encontram dentro do raio de 500 m do lixão acabam ficando susceptíveis a serem alvos dessas problemáticas.

Somado a isto há também a preocupação com o odor gerado pelo lixão que também pode capacidade de se propagar com a ocorrência dos ventos. Por conta disso, a presença de vegetação ao redor do lixão é essencial para atenuar a dispersão do odor, porém, como mostrado pelo mapa de localização da Figura 1, bem como na visita técnica dos autores ao local, não foram encontradas vegetação de grande porte na direção do lixão para as residências.

Quanto aos catadores de lixo percebe-se outras preocupações envolvendo a salubridade do ambiente de trabalho que é o lixão para os catadores é a presença de materiais perfuro cortantes e contaminados (Figura 4).

**Figura 4.** \* Lixão Bom Futuro. Barcarena, Pará.



**Fonte:** autores (2020).

A visita realizada ao Lixão Bom Futuro realizada em 11 de janeiro de 2020 permitiu visualizar a interação da precipitação com o lixão. Na Figura 4 é possível verificar o surgimento de poças formadas pela mistura da água da chuva com chorume, onde uma parte infiltra-se no solo enquanto outra parte escorre pela superfície do terreno do lixão. Mesmo com a ocorrência das chuvas, foram encontrados catadores trabalhando no local.

Embora não tenha sido identificado um corpo hídrico superficial com proximidade não conforme ao lixão segundo a NBR 13.896/97, isso não exclui a total possibilidade, por exemplo, do rio Murucupi, o mais próximo do lixão, sofrer influência deste, uma vez que torna-se necessário um estudo que envolva o fluxo de recursos hídricos subterrâneos para se saber se o chorume produzido pela decomposição do lixo atinge essas águas, bem como

se estas chegam ao rio Murucupi por canais abaixo da superfície do solo. Segundo Dos Santos (2003), os tipos de solo da área no qual encontra-se o lixão são o argissolo amarelo e o argissolo vermelho-amarelo. Destes, o segundo tipo apresenta-se como um solo bem drenado, ou seja, sem grandes barreiras para que a infiltração da água ocorra (AGEITEC, 2011).

Quanto a isso, por meio do SIAGAS, um sistema de informações de águas subterrâneas desenvolvido pelo Serviço Geológico do Brasil, a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), foi identificada a existência de um poço (número 1500008575) cadastrado dentro do limite não permitido de 500 m, porém é bastante provável a existência de outros poços encontrados nas residências próximas ao lixão que não são de conhecimento público (BRASIL, 2021).

Atualmente, a questão da disposição final dos RS em Barcarena-PA, encontra-se em discussão para promover o fechamento do lixão e o encontro de uma nova alternativa ambientalmente adequada para o lixo gerado no município. O início do ano de 2020 foi marcado com a assinatura de um acordo entre o Governo do Estado do Pará e a empresa Hydro Alunorte que incluiu em termo de compromisso a construção de uma usina de triagem e reciclagem de RS em Barcarena com investimentos de até R\$ 30 milhões (BARCARENA, 2020). Um dos principais objetivos da implantação dessa usina de triagem e reciclagem é o encerramento do lixão Bom Futuro.

Em novembro de 2020, foram iniciadas pela Hydro Alunorte as obras da usina, com previsão de conclusão para agosto de 2021. Após isso, a usina será entregue ao órgão ambiental competente para a sua gestão e manutenção de infraestrutura (REDE PARÁ, 2020).

## CONCLUSÃO

A metodologia utilizada para a pesquisa satisfaz os objetivos propostos, uma vez que a utilização das técnicas de geoprocessamento foi capaz de ilustrar que por conta de sua localização, o lixão Bom Futuro acaba tendo os seus impactos ambientais potencializados, principalmente sobre os moradores do bairro Bom Futuro, uma vez que foram identificados 209 imóveis dentro do limite não conforme de 500 m pela NBR 13.896/97 em relação ao lixão. Impactos estes que podem ser exemplificados como a ocorrência do odor forte e a presença de vetores de doenças nos arredores do lixão.

Embora nenhum corpo hídrico tenha sido identificado dentro do limite de 200 m proibido pela NBR 13.896/97, sendo o rio Murucupi o corpo hídrico superficial mais próximo, é importante um estudo quanto ao fluxo subterrâneo do local, uma vez que sob a superfície, o chorume produzido pelo lixão misturado com a água oriunda das precipitações frequentes da região pode atingir esse rio, além de afetar poços existentes nos imóveis do entorno.

## REFERÊNCIAS

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil - 2020**. 2020. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/panorama-2020/>>. Acesso em: 27 dez.2020.

AGEITEC. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. **Argissolos Vermelho-Amarelos**. Embrapa: 2011. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio\\_mata\\_sul\\_per\\_nambucana/arvore/CONT000gt7eon7k02wx7ha087apz2axe8nfr.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_per_nambucana/arvore/CONT000gt7eon7k02wx7ha087apz2axe8nfr.html)>. Acesso em: 22 dez.2021.

ALMEIDA FILHO, N. A.; BARRETO, M. L. **Epidemiologia e Saúde - Fundamentos, Métodos e Aplicações**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2011.

ANUÁRIO, M.; FERNANDES, F. R. M.; VALERIO, M. A.; MACEDO, R. B. Estudo do comportamento ambiental da população de Wenceslau Braz/PR em relação aos resíduos sólidos urbanos. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 6, n.º 1, pp. 55-71, 2017.

BARCARENA. **Prefeito assina acordo para construção de usina de triagem e reciclagem de lixo em Barcarena**. Prefeitura de Barcarena: 2020. Disponível em: <<https://www.barcarena.pa.gov.br/portal/noticia?id=1691&url=prefeito-assina-acordo-para-construo-de-usina-de-triagem-e-reciclagem-de-lixo-em-barcarena>>. Acesso em: 25 dez.2021.

BRASIL, A. P. M. S. Gestão de resíduos sólidos urbanos na Amazônia Paraense: um estudo sobre o município de Barcarena (1897-2017). 2017. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, São Paulo, 2017.

BRASIL, S. G. **SIAGAS**. 2021. Disponível em: <[http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/visualizar\\_mapa.php](http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/visualizar_mapa.php)>. Acesso em: 25 dez. 2021.

BRASIL. **Lei nº 12.305 de 5 de janeiro de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos; altera a Lei n.º 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: L12305 (planalto.gov.br). Acesso em: 20 dez. 2021.

BRASIL. **NBR 13.896**, de junho de 1997. Aterro de resíduos não perigosos: critérios para projeto, implantação e operação. Disponível em: (PDF) NBR 13896 - Aterros de residuos nao perigosos - Criterios pa | Engenharia Civil UFMT2013 - Academia.edu. Acesso em> 20. Set. 2021.

BRITO, F. S. L.; PIMENTEL, B. A.; MORAIS, M. S.; ROSÁRIO, K. K. L.; CRUZ, R. H. R. Impactos socioambientais provocados por um vazadouro a céu aberto: uma análise no distrito de Marudá/PA. **Revista Ibero-Americano de Ciências Ambientais**, v. 10, n.º 5, pp. 128-139, 2019.

CONCEIÇÃO, M. M. M.; SOUZA, G. B.; SÁ, R. J. S.; MARTINS, I. V. M.; MELO, E. E. P.; SOUZA, L. S.; MENEZES, A. B. F.; CARNEIRO, C. C. A.; ANDRADE, L. S.; GAMA, R. V.; SILVA, R. M. L.; GUEDES, F. L.; JUNIOR, A. P. Qualidade ambiental do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n.º 3, pp. 12760-12775, 2020.

COSTA; T. G. A.; IWATA, B. F.; CASTRO, C. P.; COELHO, J. V.; CLEMENTINO, G. E. S.; CUNHA, L. M. Impactos ambientais de lixão a céu aberto no município de Cristalândia, Estado do Piauí, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 3, n.º 4, pp. 79-86, 2016.

HAMADA, E.; GONÇALVES, R. R. V. **Introdução ao geoprocessamento: princípios básicos e aplicação**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2007.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: 20 dez.2020.



NUNES, L. M. C.; SILVA, N.º H. F.; ALMEIDA, D. A.; GARCIA, A. C. S.; BAIA, R. D. P. F.; CHAVES, A. F. F. O catador de lixo e os fatores de resíduo à saúde em um lixão do município de Barcarena-PA. In: SILVA-MATOS, R. R. S.; SOUZA, G. M. M.; COSTA, A. C. S. (Org.). **Meio Ambiente: Inovação com Sustentabilidade**. Belo Horizonte: Atena, 2019. pp. 187-196.

POSSAMAI, F. P.; VIANA, E.; SCHULZ, H. E.; COSTA, M. M.; CASAGRANDE, E. Lixões inativos na região carbonífera de Santa Catarina: análise dos riscos à saúde pública e ao meio ambiente. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 12, n.º 1, pp. 171-189, 2007.

REDE PARÁ. **Hydro Alunorte inicia construção da Unidade de Triagem de Materiais Recicláveis de Barcarena**. 2020. Disponível em: < <https://redepara.com.br/Noticia/217066/hydro-alunorte-inicia-construcao-da-unidade-de-triagem-de-materiais-reciclaveis-de-barcarena>>. Acesso em: 25 fev.2021.

SANTOS, P. L.; RODRIGUES, T. E.; DA SILVA, J. M. L.; VALENTE, M. A. Caracterização e classificação dos solos do Município de Barcarena, Estado do Pará. **Embrapa Amazônia Oriental - Documentos (INFOTECA-E)**, 2003

SANTOS, S. S. M. **Capacidade institucional, gestão ambiental descentralizada e sustentabilidade: o caso de Barcarena (PA)**. 2015. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia) – Núcleo de Meio Ambiente. Universidade Federal do Pará, Belém, 2015.

SIQUEIRA, M. M.; MORAES, M. S. Saúde coletiva, resíduos sólidos urbanos e os catadores de lixo. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 14, n.º 6, pp. 2115-2122, 2009.

# CONSEQUÊNCIAS SOCIOAMBIENTAIS DO DESCARTE INADEQUADO DE LIXO NO CANAL DA VILETA, LOCALIZADO NA BACIA DO TUCUNDUBA, BELÉM-PA

**FABIANNE MESQUITA PEREIRA**

**DAVI FARIAS DA SILVA**

**DÊNIS JOSÉ CARDOSO GOMES**

**RAFAEL RIBEIRO MEIRELES**

**JOSÉ AUGUSTO CARVALHO DE ARAÚJO**

na região Norte entre 2008 e 2017 aumentou em 75,28% contra o crescimento populacional apresentando cerca de 8,51%. Santos e Rovaris (2017) constataram que estatisticamente os Estados da Região Norte e Nordeste apresentam uma quantidade de RSU menor do que a quantidade gerada, revelando desta forma que estas regiões não realizam uma coleta eficiente para minimizar os impactos ambientais.

Januário et al. (2017) apontam que outra problemática dos RSU no Brasil é o fato de que todo o processo de acondicionamento até a disposição final dos RSU e o confinamento sob controle técnico permanente, é ainda precário. Além disso, o SNIS (2021) também revelou que 46% dos municípios brasileiros ainda possuem lixões, áreas nas quais os RSU são depositados no solo sem qualquer tratamento ou medidas de proteção ao meio ambiente e à saúde pública.

O município de Belém, capital do estado do Pará, é um dos que ainda não se adequou à melhor forma de destinação final dos seus resíduos, porém, de acordo com a Lei 12.305/10 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, o aterro sanitário é a medida mais viável para a destinação desse

## INTRODUÇÃO

A geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) vem se elevando com o passar dos anos, refletindo, principalmente, o crescimento da economia que permite à população o acesso a novos bens e produtos (MANNARINO et al., 2016). Somado a isto, outra variável que impulsiona esta problemática é o crescimento populacional. Entretanto, como discutem Crispim et al. (2016) os serviços de saneamento básico, no qual a limpeza urbana e o manejo de RSU fazem parte, não estão conseguindo acompanhar o ritmo do crescimento populacional e o desenvolvimento desordenado dos ambientes urbanos.

Conceição et al. (2020) em sua pesquisa, descobriram que a geração de RSU

RSU. Atrelado a isso, a falta de educação ambiental da população corrobora para problemas como o acúmulo de lixo nos leitos dos canais, onde grande parte é descartado pela própria população. Esses resíduos afetam o sistema de drenagem das águas pluviais e ocasionam os alagamentos. Um exemplo dessa problemática é a Bacia do Tucunduba, que ocorre no viés da ocupação antrópica, pois apresenta sérios problemas de acúmulo de resíduos sólidos em torno dos seus 13 canais.

As interferências nos processos naturais dessa bacia hidrográfica, acabam por comprometer ainda mais a qualidade de vida da população que reside ao seu entorno, as quais já dispõe de condições de vida precárias, caracterizadas por maior vulnerabilidade social, passam a sofrer também com problemas como transbordamentos, permanência de água estagnada, doenças de veiculação hídrica (SILVA; ROCHA, 2019). Esses mesmos autores, afirmam ainda que essas condições são agravadas pelas características naturais da região metropolitana de Belém no que se refere à grande quantidade e à intensidade de chuva, principalmente em determinadas épocas do ano e somado ao acúmulo de resíduos nos canais, o que resulta em todos esses problemas citados.

O canal da Vileta, é um dos mais populares da Bacia do Tucunduba e apresenta transtornos decorrentes do descarte irregular de resíduos, o que prejudica significativamente a qualidade de vida da população. Segundo Pegado (2010), o processo de ocupação desordenado na Bacia do Tucunduba iniciou a partir da década de 80, foi intensificado às margens do Igarapé Tucunduba provocando o desmatamento de suas margens, erosão e, conseqüentemente, o assoreamento. O lançamento indiscriminado de resíduos sólidos e detritos contribuíram para a diminuição da profundidade dele, além de receber também material de esgoto.

Nesse contexto, um dos principais objetivos desta pesquisa é identificar os transtornos provocados pelo acúmulo de resíduos sólidos no canal da Vileta. Nessa conjuntura, alguns questionamentos tornam-se relevantes como: o que poderia ser feito para mitigar os transtornos resultantes do depósito de resíduos sólidos no canal da Vileta, visando à garantia da qualidade de vida à comunidade que reside em seu entorno? E qual o papel do poder público junto à população, na divulgação de informações de forma a conscientizá-los a manter os locais urbanísticos e evitar a poluição dos recursos hídricos?

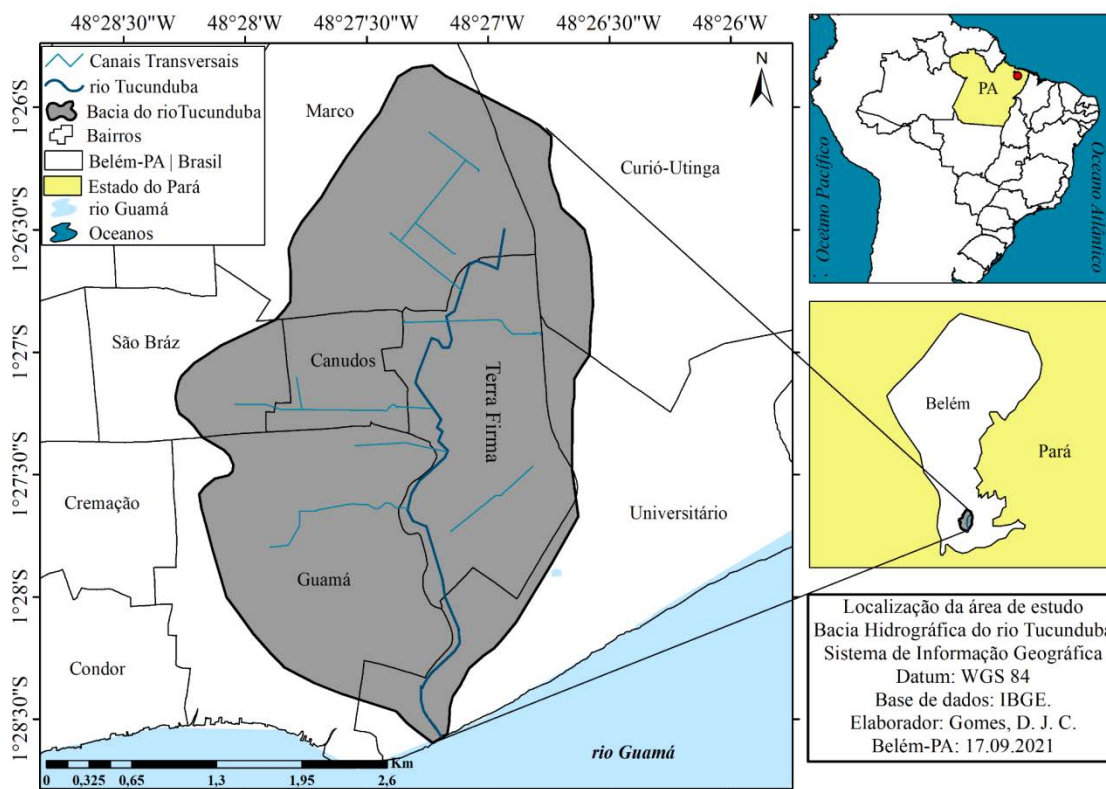
A relevância desse estudo é pelo fato de constatar-se que o gerenciamento de resíduos sólidos na região metropolitana de Belém, não estar classificado como adequado e eficiente. Ratifica-se tal afirmativa ao observar-se que o problema do presente estudo, não é específico a este canal em questão, mas é uma realidade da quase maioria dos canais de Belém. E não somente o poder público, mas toda a sociedade tem por dever gerir os resíduos gerados, sendo a gestão integrada um bom começo para minimizarmos os impactos provocados pelos resíduos sólidos.

## METODOLOGIA

### ÁREA DE ESTUDO

A bacia do Tucunduba está localizada a sudeste do município de Belém e possui uma área de 14.175 m<sup>2</sup> de extensão (SILVA JUNIOR; SANTOS, 2017). A bacia drena os bairros de Canudos, Montese (antigo bairro da Terra Firme), parte do Guamá, Marco e bairro Universitário, conforme ilustrado na Figura 1. A área escolhida para o presente estudo localiza-se no bairro do Marco, mais precisamente, o canal da Vileta no perímetro que compreende a Travessa Vileta, entre a Avenida João Paulo II e a Avenida Perimetral.

**Figura 1.** Canais que pertencem à bacia do Tucunduba. Belém, Pará.



Fonte: IBGE – Adaptado pelos autores (2021).

Conforme Matos (2010), a bacia do Tucunduba é composta por 13 canais, com 14.175 metros lineares, sendo estes: o Igarapé do Tucunduba, Lago Verde, Caraparú, 2 de Junho, Mundurucus, Gentil Bittencourt, Nina Ribeiro, Santa Cruz, Cipriano Santos, Vileta, União, Leal Martins e Angustura. O canal da Vileta foi escolhido para o presente estudo por ser caracterizado por problemas em decorrência do acúmulo de resíduos sólidos.

Além disso, área caracteriza-se por ser de difícil acesso, pela ausência de saneamento básico, com predominância de famílias de baixa renda e por altos índices de criminalidade.

## CARACTERIZAÇÃO E DELINEAMENTO DA PESQUISA

O presente estudo é uma pesquisa investigativa de caráter qualitativo e quantitativo, com auxílio de acervo literário de artigos científicos relacionados ao tema proposto, de forma a analisar o problema do acúmulo de resíduos sólidos no canal da Vileta, bem como as suas consequências.

Para isto, foi realizado um trabalho de campo que consistiu em visita à área de estudo, durante o mês de maio do ano de 2017, com o objetivo de realizar o registro fotográfico e levantamento de dados por meio de entrevistas aos moradores locais.

Foi aplicado um questionário a 10 (dez) famílias que moram nas proximidades do canal da Vileta. Não foi possível aumentar o número amostral de entrevistados devido às condições do local, que é considerado um perímetro de risco, marcado por episódios de violência como assaltos, entre outros.

A aplicação do questionário (Figura 2) teve como intenção extrair informações a respeito do ponto de vista dos moradores sobre o despejo de resíduos sólidos frente ao canal da Vileta, a coleta seletiva, os principais problemas acometidos do despejo inadequado e sobre o ponto de vista deles em relação à importância do canal para a sociedade como um todo. Após esta etapa, foi realizada a análise das informações obtidas em campo e comparadas aos estudos científicos levantados para posterior discussão dos dados.

**Figura 2** – Questionário aplicado em campo.

QUESTIONÁRIO	
Nome do entrevistado:	_____
Questão 1. Na comunidade residente em torno do Igarapé Tucunduba como você classifica a coleta seletiva? Excelente ( ) Boa ( ) Razoável ( ) Ruim ( )	
Questão 2. Você já presenciou alguém descartando lixo no entorno ou no canal? Sim ( ) Não ( )	
Questão 3. Em sua opinião qual a importância do Canal do Igarapé Tucunduba?	_____ _____ _____
Questão 4. Sua família já contraiu alguma doença por causa do acúmulo de lixo no canal? Sim ( ) Não ( ) Caso a resposta seja “Sim”, quais doenças? _____	
Questão 5. Você como morador cite uma problemática encontrada em decorrência do acúmulo de resíduos sólidos no canal do Igarapé Tucunduba.	_____ _____

Fonte: Os autores, 2017.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a coleta de dados foi possível analisar de forma mais abrangente o objeto de estudo. Nesse sentido, durante a visita de campo, verificou-se que o despejo inadequado de resíduos sólidos não afeta apenas os entornos do canal da Vileta, mas também o próprio canal, haja vista que foi detectado a presença de resíduos sólidos no próprio interior deste, como ilustrado na Figura 3.

**Figura 3.** Poluição do canal da Vileta por resíduos sólidos. Belém, Pará.



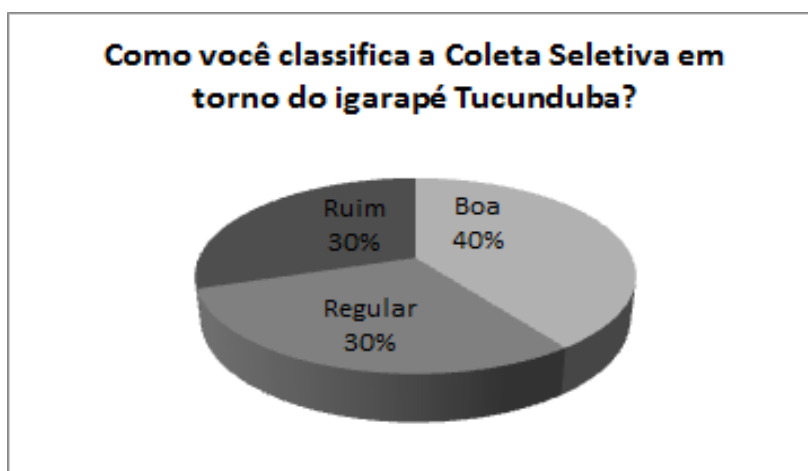
Fonte: autores (2017).

Em relação à questão 3, boa parte dos moradores relataram que o canal é de suma importância para o escoamento da água da chuva evitando, assim, os alagamentos, retratando também, que tal função do corpo hídrico é prejudicada por conta do acúmulo de lixo em seu entorno. Tal situação corrobora com a ocorrência de inundações e alagamentos na bacia do Tucunduba que, segundo Silva Junior e Silva (2020), é provocada por conta da somatória de situações como os altos índices pluviométricos da cidade de Belém, aliado ou não com o efeito das marés, as condições naturais de relevo, precariedade e ineficiência do sistema de drenagem da bacia do Tucunduba e a ocupação desordenada do solo e a disposição de lixo. Além disso, como consta Rebêlo et al. (2018) há também a deposição de esgotos no solo e na margem e dentro dos canais de drenagem, obstruindo a drenagem natural, expondo depósito de dejetos e aumentando a propagação de doenças.

Embora a maioria dos entrevistados acredite que a limpeza ambiental é importante para a prevenção de infecções e que o acúmulo de lixo que prejudica a drenagem dos canais analisados, 85% dos entrevistados afirmaram que a culpa pelo despejo inadequado dos resíduos é dos próprios moradores, e apenas 15% responsabilizaram a prefeitura. Asiedu (2020) relatou em suas pesquisas que a combinação de fatores como chuvas intensas, ocupações desordenadas, drenagem urbana inadequada e ineficiente gestão dos resíduos sólidos acarreta inundações urbanas. Em relação à entrevista, a primeira pergunta

referiu-se a como os moradores classificam a coleta seletiva no perímetro do canal da Vileta (Figura 4).

**Figura 4.** Sobre a classificação da coleta seletiva



Fonte: autores (2017).

Durante a aplicação do questionário, notou-se certa imparcialidade dos moradores, os quais relataram haver coleta seletiva em três dias da semana, terça, quinta e sábado. Porém, segundo os entrevistados, os moradores do entorno do canal e, principalmente, de ruas adjacentes descartam seu lixo e entulho de forma contínua independente do dia. Esta prática contribui para o aumento na área de vetores de zoonoses urbanas (KRYSTOSIK et al., 2020).

Além disso, alguns moradores relataram armazenar seu lixo em cima das muretas de proteção do canal, e não dentro ou no entorno dele. Entretanto, observou-se que esse procedimento pode ser falho, haja vista, que pode chover ou algum animal deslocá-lo, descartando esses resíduos para dentro do canal. Dessa forma, constatou-se que a falta de conscientização da população em cuidar do seu lixo é uma das causas para o acúmulo de resíduos no canal da Vileta.

Foi constatado a frequência do descarte inadequado próximo ao canal por meio dos moradores. Tal situação também foi observada durante a realização das entrevistas (Figura 5).

**Figura 5.** Sobre o descarte de lixo no entorno do canal.

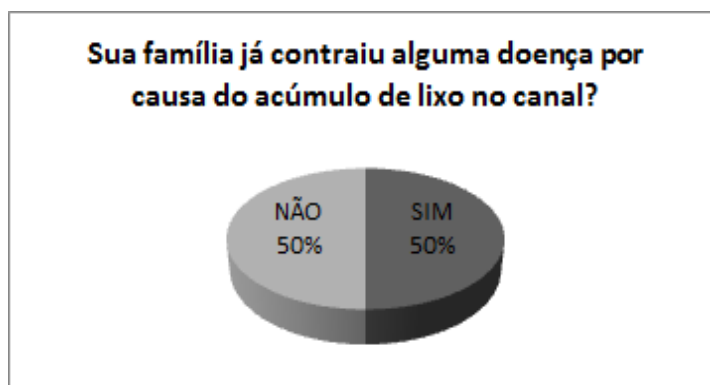


Fonte: autores (2017).

Os estudos de Santana et al. (2019) que trabalharam com o mesmo objeto de estudo, reforçam essa análise ao constatarem que 97,5% das famílias residentes no canal da Vileta e canais adjacentes nunca fizeram curso de educação ambiental. Esses autores constataram ainda que 100% dos entrevistados nesse estudo, já haviam observado moradores despejando lixo doméstico ou entulho no canal, 85% atribuíram a responsabilidade aos próprios moradores pelo acúmulo de lixo e 15% responderam que a responsabilidade pelo acúmulo de lixo é da prefeitura. Esses dados reforçam que a população ainda não está fazendo a sua parte no cuidado com os seus resíduos.

Quanto ao risco de doenças provocadas pelo acúmulo de resíduos sólidos no canal. Observou-se que parte dos entrevistados desconhecia se algum parente já havia adquirido doenças decorrentes dessa problemática, descrevendo que a principal doença em crianças e adultos, consequência do acúmulo de resíduos, é dengue ou zika. Pode-se inferir que, devido ao acúmulo de resíduos há o comprometimento do escoamento da água, o que acaba resultando em alagamento e formação de poças de água parada, que se tornam foco para a procriação do mosquito *Aedes aegypti*, vetor de ambas as doenças. Além disso, foi relatado a grande quantidade de ratos atraídos pelo lixo, vetores de doenças como a leptospirose (Figura 6).

**Figura 6.** Sobre o risco de doenças.



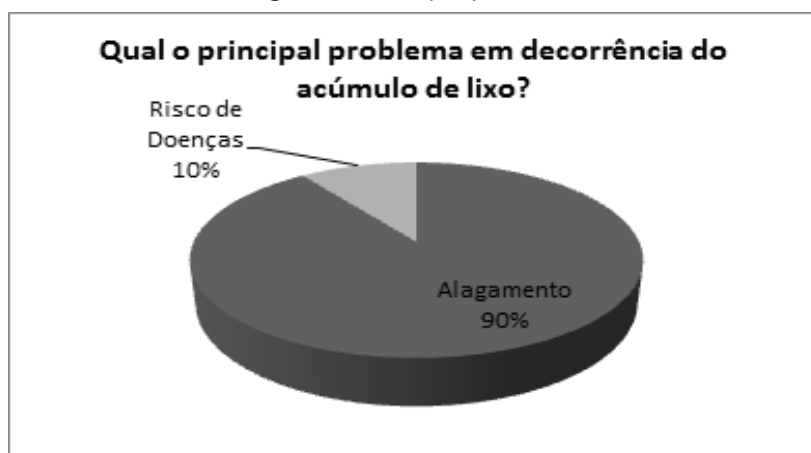
Fonte: autores (2017).



Segundo Siqueira et al. (2018), o bairro do Marco, onde encontra-se o canal da Vileta, é um dos locais em Belém onde ocorre maior taxa de incidência de dengue, que é acompanhada pelo aumento da precipitação, mostrando uma relação direta entre essas variáveis.

Por fim, a última questão buscou observar a visão dos moradores quanto à problemática abordada no referido estudo. Estes foram quase que unânimes quanto o principal transtorno ocasionado pelo acúmulo de resíduos sólidos, sendo a ocorrência de alagamentos o principal. Segundo os próprios moradores, essa consequência é frequente, haja vista que em Belém chove quase todos os dias (Figura 7).

**Figura 7.** Principal problema.



Fonte: autores (2017).

As observações de campo permitiram verificar que a prefeitura faz a sua parte quanto à limpeza pública, havendo também relatos de que esta disponibiliza à população contêineres para disposição dos resíduos domésticos, entretanto a população necessita ser trabalhada em um processo de conscientização, visto que alguns cidadãos não colaboram, continuando a lançar seus resíduos próximos ao canal, inferindo à falta de conscientização ambiental por parte dessas pessoas, o que pode ser trabalhado por meio de campanhas educativas, elaboração de leis como forma de punição aos que descartam seus resíduos junto ao canal e seu entorno.

## CONCLUSÃO

O canal da Vileta, pertencente à bacia hidrográfica urbana do Tucunduba, no município de Belém/PA apresenta problemas em relação ao acúmulo de resíduos sólidos descartados de forma inadequada junto ao canal pelos próprios moradores do entorno. Tal situação contribui para a ocorrência de inundações na área, bem como a atração de vetores

de doenças como ratos e mosquitos. Este cenário ainda é agravado devido a deposição de esgotos no solo e na margem e dentro dos canais de drenagem, obstruindo a drenagem natural, expondo depósito de dejetos e aumentando a propagação de doenças.

A entrevista realizada permitiu analisar a percepção da população quanto a esta problemática. Embora haja o reconhecimento da importância do canal para o escoamento da água da chuva, todos os entrevistados responderam já ter presenciado os próprios moradores depositando seus resíduos sólidos de forma inadequada junto ao canal, trazendo como consequência problemas de alagamentos, principalmente e, em seguida os riscos de doenças.

Dessa forma, se faz necessário a promoção de projetos de educação ambiental para os moradores dessa comunidade, mostrando os problemas que a disposição inadequada dos resíduos junto ao canal da Vileta causa, e enfatizar a importância da coleta seletiva e da reciclagem, mostrando seus benefícios à população e ao meio ambiente.

## REFERÊNCIAS

ASIEDU, J. B. Reviewing the argument on floods in urban areas: a look at the causes. **Theoretical and Empirical Research in Urban Management**, v. 15, n.º 1, pp. 24-41, 2020.

JANUÁRIO, M.; FERNANDES, F. R. M.; VALERIO, M. A.; MACEDO, R. B. Estudo do comportamento ambiental da população de Wenceslau Braz/PR em relação aos resíduos sólidos urbanos. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 6, n.º 1, pp. 55-71, 2017.

KRYSTOSIK, A.; NJOROGÉ, G.; ODHIAMBO, L.; FORSYTH, J. E.; MUTUKU, F.; LABEAUD, A. D. Soil wastes provide breeding sites, burrows, and food for biological disease vectors, and urban zoonotic reservoirs: a call to action for solutions-based research. **Frontiers in Public Health**, v. 7, n.º 405, pp. 1-17, 2020.

MANNARINO, C. F.; FERREIRA, J. A.; GANDOLLA, Mauro. Contribuições para a evolução do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no Brasil com base na experiência europeia. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n.º 2, pp. 379-385, 2016.

REBELO, M. V. S.; PERES, R.; DUARTE, C. K. A. R.; MOREIRA, F. N.º C. REBÊLO, M. S.; FERREIRA, J. F. H. Avaliação do impacto sobre a saúde humana ocasionado por obras de macrodrenagem do Igarapé Tucunduba, Belém/PA. **Brazilian Applied Science Review**, v. 2, n.º 5, pp. 1839-1847, 2018.

SANTANA, G. L. S.; SANTOS, K. S.; PONTES, A. N.º; BICHARA, C. N.º C.; MORALES, G. P. Caracterização socioambiental de populações que residem em áreas com riscos de inundação. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.10, n.º 2, pp.129-137, 2019.

SILVA JUNIOR, A. R.; SILVA, M. L. Riscos e educação ambiental na bacia hidrográfica do Tucunduba: um estudo sobre o bairro Montese, Belém/PA. **Ambiente & Educação**, v. 25, n.º 3, pp.481-510, 2020.

SILVA, A. L. A.; ROCHA, G. M. Cidade e água: a produção do espaço na Bacia do Igarapé do Tucunduba em Belém-PA. **Revista Brasileira de Desenvolvimento Regional**, v.7, n.º1. pp. 091-114, 2019.

SIQUEIRA, I. S.; QUEIROZ, J. C. B.; AMIM, M. M.; CÂMARA, R. K. C. A relação da incidência de casos de dengue com a precipitação na área urbana de Belém-PA, 2007 a 2011, através de modelos multivariados de séries temporais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n.º 2, pp. 380-389, 2018.

SNIS. Sistema Nacional de Informação Sobre Saneamento. **Série Histórica**. Brasília, 2021. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/aplicacao-web-serie-historica>>. Acesso: 21/09/2021.

# SUPRESSÃO DA MATA CILIAR NO ENTORNO DE DUAS NASCENTES NO RANCHO NOSSA SENHORA DE NAZARÉ, ASSENTAMENTO 1º DE MARÇO, MUNICÍPIO DE SÃO JOÃO DO ARAGUAIA, PARÁ: SUGESTÕES PARA RECUPERAÇÃO

**ANTÔNIO PEREIRA JÚNIOR**

**EMAYARA LEITE SÁ**

**ALESSANDRA CAROLINA NERY  
LOBATO**

**GUNDISALVO PIRATOBA MORALES**

**NORMA ELY DOS SANTOS BELTRÃO**

duas nascentes. As matas ciliares desempenham um dos mais importantes serviços ambientais, que é a manutenção dos recursos hídricos, em termos de vazão e qualidade da água. Além disso, fornecem alimentação e abrigo para a fauna e funcionam como barreiras naturais contra a disseminação de pragas e doenças nas lavouras (CHABARIBERY, 2007).

## INTRODUÇÃO

Os assentamentos rurais são áreas destinadas à produção agropecuária que são importantes para o desenvolvimento de um país, principalmente pela geração de alimentos. No entanto, se não houver um manejo adequado, os assentamentos podem ser responsáveis por uma grande extensão de áreas alteradas, principalmente pela supressão vegetal, o que contribui significativamente para o aumento das taxas de desmatamento (GUERRA, 2002).

No Rancho Nossa Senhora de Nazaré, propriedade rural localizada no Assentamento 1º de Março em São João do Araguaia, estado do Pará, pôde-se observar uma forte alteração ambiental devido à supressão vegetal da mata ciliar no entorno de

A recuperação de mata ciliar constitui um dos fatores que, junto com outras práticas conservacionistas (Ex.: adequação do uso do solo do entorno e da própria área a ser recuperada, preservação da interligação de remanescentes naturais e proteção de nascentes) é fundamental para recarga do lençol freático, o que garante a quantidade e qualidade da água e da biodiversidade (CARTAXO, 2009).

Devido à importância dessas áreas, o Código Florestal, Lei nº 12.651 (BRASIL, 2012) as considera como “áreas de preservação permanente (APP’s)», sendo proibida alteração por ações antrópicas. Para as matas ciliares já alteradas, a legislação ambiental brasileira, através da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) n.º 429 (BRASIL, 2011), dispõe so-

bre a metodologia para a recuperação, que deve ser realizada com técnicas que utilizem espécies nativas.

Dentre as técnicas para recuperação de matas ciliares, têm-se o enriquecimento com mudas com a utilização do método Quincôncio e o uso de Sistemas Agroflorestais (SAF's). Ambas as técnicas são utilizadas com sucesso e está comprovada a melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo e recuperação das nascentes (ALVES, 2009; ARAGÃO, 2009; BARBOSA et al., 2008; CASTRO; DEVIDE, 2011; MAY, 2009; SILVA, 2008).

Além das técnicas para recuperação através do reflorestamento da mata ciliar, é de grande importância o investimento no monitoramento do crescimento das mudas e em educação ambiental para a comunidade do Assentamento 1º de Março, seja qual for a faixa etária, para que se sensibilizem quanto a importância da conservação dos recursos naturais. Com a atuação dos órgãos competentes, a educação ambiental poderá ser passada através de palestras, encontros semanais e cursos que discorram sobre o modo de produzir de maneira sustentável para que assim os moradores cumpram o seu papel social e legal na recuperação das APP's dentro de suas propriedades (ZANZARI et al., 2008).

Nesse contexto, eleva-se a importância do presente estudo e das sugestões aqui apresentadas para mitigar os impactos causados pela supressão vegetal ocorrida nas nascentes N1 e N2 e melhorar as condições ambientais do Rancho Nossa Senhora de Nazaré. Essa propriedade poderá servir como um exemplo a ser seguido pelas outras famílias do Assentamento 1º de Março e futuramente aos demais assentamentos da região. Com a aplicação efetiva das técnicas sugeridas nesse trabalho os recursos hídricos, indispensáveis à manutenção da vida, serão conservados, o que melhorará a qualidade de vida de toda a sociedade envolvida.

Com base nessas afirmativas, foi elaborado o objetivo desse estudo nesse assentamento: 1) comparar os diferentes processos de alterações ocorridos nas nascentes existentes na área em tela; 2) Sugerir estratégias para a recuperação da mata ciliar nos corpos hídricos objetos desse estudo; 3) Apresentar proposta para aplicação da Educação Ambiental como ferramenta a ser utilizada para desencadear a preservação das nascentes e cursos d'água do Assentamento 1º de Março.

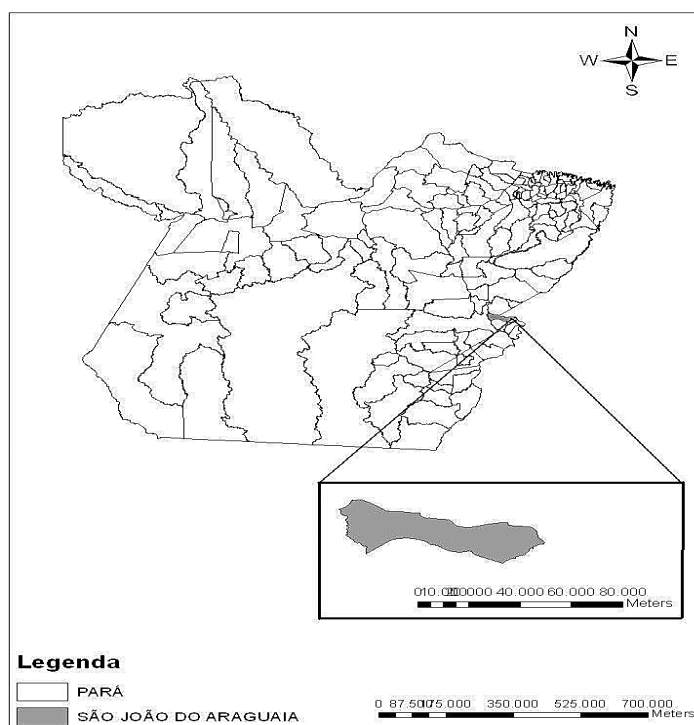
## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Fisiografia do município**

O município de São João do Araguaia pertence à mesorregião Sudeste Paraense e à microrregião de Marabá (Figura 1). As coordenadas geográficas são 05º 21' 42" de latitude Sul e 48º 47' 36" de longitude a Oeste de Greenwich. Limita-se ao Norte com o Rio Tocantins e município de Bom Jesus do Tocantins, a Leste com o município de Brejo Grande do

Araguaia, ao sul o município de São Domingos do Araguaia e a oeste com o município de Marabá (PARÁ, 2011).

**Figura 1.** Localização geográfica do município de São João do Araguaia, Pará.



Fonte: autores (2021).

As maiores fazendas do município de São João do Araguaia se localizam no trecho da Rodovia PA-70, que vai do km 66 ao km 220. Existe, também, muita atividade pecuária nos municípios vizinhos de São Domingos do Capim e Marabá. Predomina a exploração pecuária de corte, sendo que as fazendas à margem da Rodovia PA-70 exploram também o leite (BOLETIM..., 1982).

O município em estudo é recoberto por floresta equatorial latifoliada, representada pelos seguintes subtipos: floresta densa submontana, em relevo aplainado (a maior área) e floresta aberta mista, denominada cocal (IBGE, 2012). O leste do município, num trecho próximo ao rio Araguaia, há uma variação do relevo que indica o aparecimento do “Cerradão”. Na área também se pode notar a presença de clareiras em vários pontos e em grandes extensões, que caracterizam a presença de pastagens na região. Em alguns pontos às margens do Araguaia e Tocantins surge a Floresta Aluvial, denominando os terraços inundáveis e as ilhas (PARÁ, 2011).

O relevo do município é representado por rochas de idades pré-cambrianas. É relativamente movimentado e apresenta áreas dissecadas em rochas sedimentares, superfícies aplainadas, eventuais serras de pequena expressão, com áreas colinosas, tabuleiros, assim como áreas de várzeas ao longo do rio Tocantins (PARÁ, 2011). Possui um desnível de 20 metros, mas sem áreas sujeitas à inundações. A altitude é de 90 metros (COSTA et al., 1996).

A rede hidrográfica é representada pelo baixo curso do rio Araguaia, próximo de sua foz, e por trechos do Rio Tocantins. O rio Araguaia serve parcialmente, ao norte, como limite natural com o estado do Tocantins. Corta o município o córrego Fortaleza, que é limite natural com o município de Brejo Grande do Araguaia, o Rio Água Branca e o Rio dos Veados, pela margem esquerda, além dos igarapés do Carmo e Surubim (PARÁ, 2011).

## 2.2 ASSENTAMENTO 1º DE MARÇO

O Assentamento 1º de Março está localizado na Rodovia Transamazônica sentido Marabá-Araguatins, município de São João do Araguaia, região Sudeste do Pará (Figura 2).

**Figura 2.** Localização geográfica do Assentamento 1º de Março no município de São João do Araguaia, Pará.



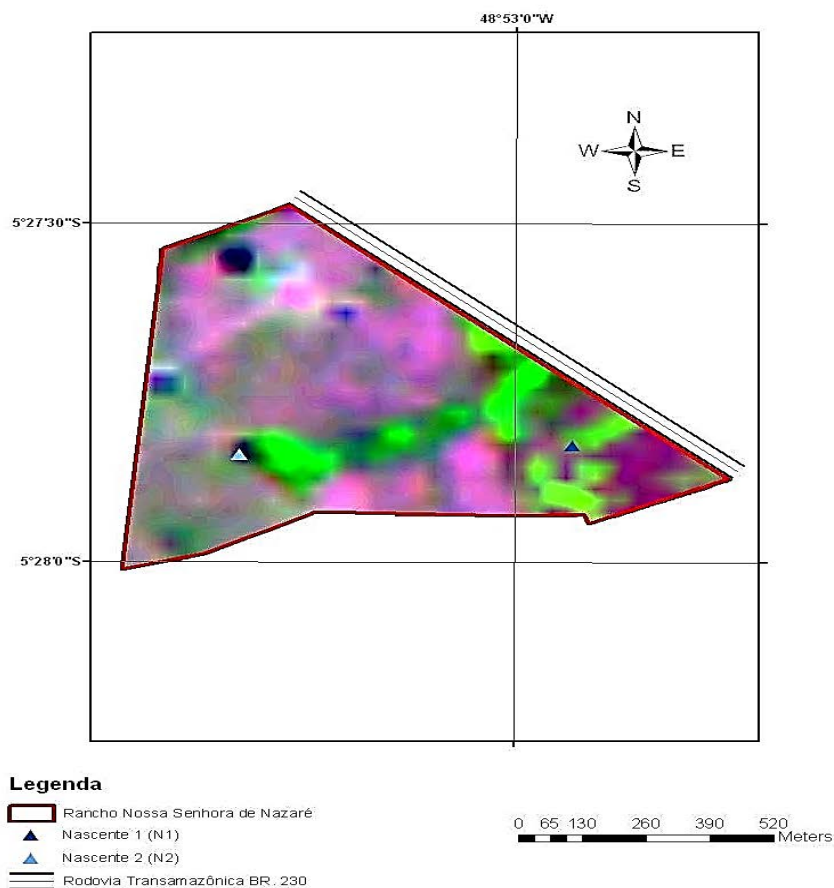
Fonte: Silva (2008).

Esse assentamento fica a 22 km de Marabá e a 516 km de Belém. Geograficamente, limita-se ao Norte com o Rio Tocantins, ao Leste com o Rio Tocantins e o Assentamento Castanhal Araras, ao Sul com os Assentamentos Ubá, Veneza e o Pimenteira e a Oeste com os Assentamentos Pimenteira, Primavera do Araguaia, 04 de Julho e com o Rio Tocantins (SILVA, 2008). O Assentamento, de acordo com o INCRA, tem 10.960,8292 hectares de extensão, com capacidade de atender 350 famílias.

## 2.3 RANCHO NOSSA SENHORA DE NAZARÉ

O Rancho Nossa Senhora de Nazaré, situado no Assentamento 1º de Março, é uma área voltada à atividade pecuária. Nas visitas de campo realizadas foi informada a presença de várias nascentes alteradas. Dentre elas foram disponibilizadas duas para serem objetos desse estudo que deverão servir de exemplo para a recuperação das demais (Figura 3)

**Figura 3.** Mapa do Rancho Nossa Senhora de Nazaré identificando as duas nascentes alteradas. São João do Araguaia, Pará.



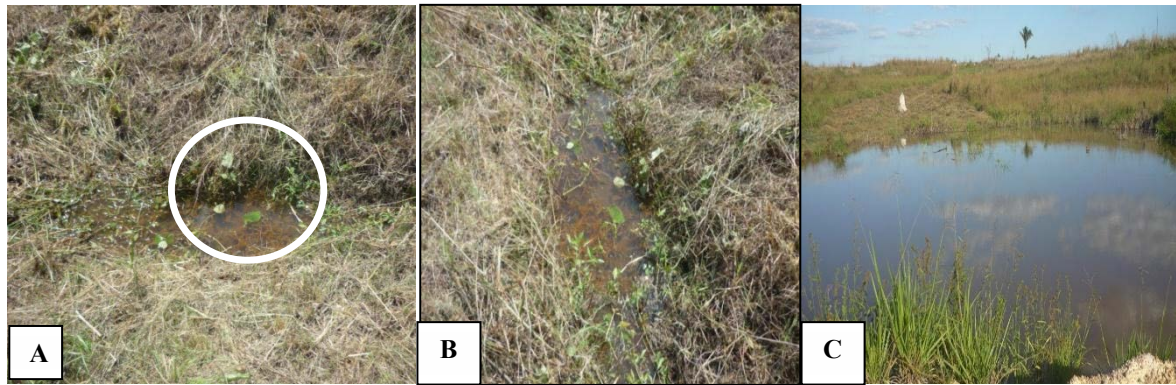
Fonte: autores (2021).

### 2.3.1 Nascente (N1)

A nascente N1 (Figura 4a) foi o primeiro local visitado para identificação de uma nascente alterada dentro da propriedade rural. Ela gera um córrego que possui 87 m de extensão, com menos de 1 m de largura e extremamente superficial quanto à profundidade (Figura 4b). O córrego abastece um açude com 12 metros de largura, 22 metros de comprimento e 2 metros de profundidade (Figura 4c)



**Figura 4:** a) Nascente; b) Córrego formado a partir da nascente N1; c) Açude abastecido pelo córrego resultante da nascente N1 no Rancho Nossa Senhora de Nazaré, município de São João do Araguaia, Pará.



Fonte: autores (2021)

Toda a extensão da área está com a mata ciliar alterada para pastagem. A APP não tem cerca de isolamento, o que permite o livre acesso de pessoas e do gado à água, observado pelo pisoteio nas bordas esquerda e direita, e excrementos espalhados em volta da nascente e do córrego (Tabela 2).

**Tabela 2.** Coordenadas Geográficas de N1. Rancho Nossa Senhora de Nazaré, município de São João do Araguaia, Pará.

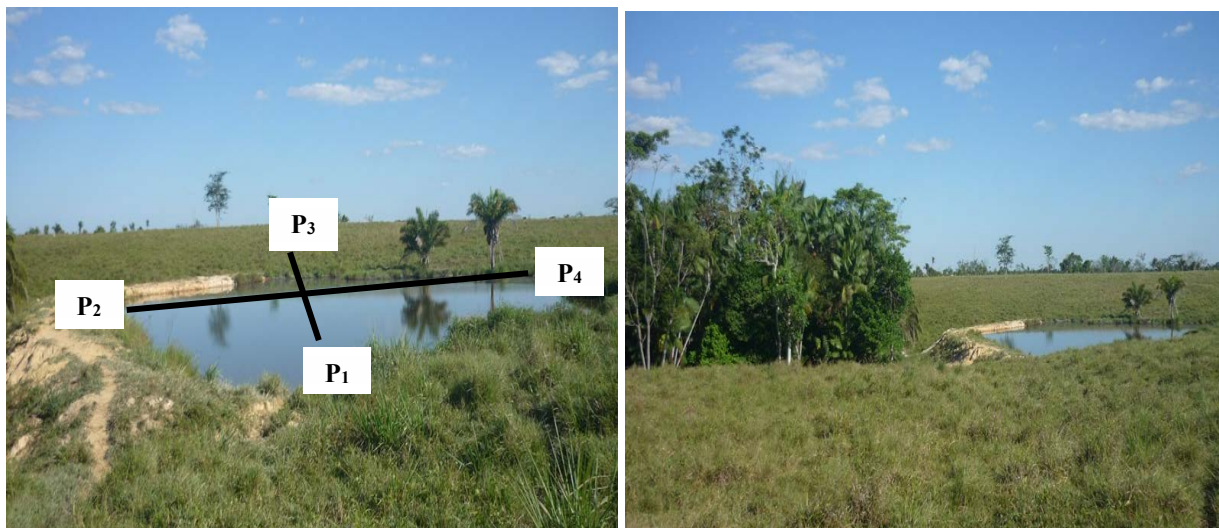
Coordenadas Geográficas	Oeste	Sul
Nascente (Olho d'água)	48°52'56,15" W	05°27'49,59" S
Início do Açude	48°52'57,94" W	05°27'47,40" S
Fim do Açude	48°52'58,79" W	05°27'46,64" S
<b>Margens</b>		
<b>P1</b>	48°53'18,63" W	05°27'47,91" S
<b>P2</b>	48°53'18,27" W	05°27'48,40" S
<b>P3</b>	48°53'18,66" W	05°27'49,87" S
<b>P4</b>	48°53'19,40" W	05°27'49,51" S
<b>Distância entre margens</b>		
	P1 → P3 = 31 m	
	P2 → P4 = 42 m	

Fonte: autores (2021)

## 2.42 Nascente (N2)

N2 situa-se a 680,52 metros em relação à N1, sentido oeste. Além da supressão vegetal com a retirada da mata ciliar no entorno, observou-se a obstrução do fluxo da nascente ocasionada devido à construção de um açude sobre esta (Figura 5a). Ao fundo de N2 existe uma biomassa vegetal (Figura 5b), essa biomassa equivalente à 0,9459 hectares (9.459 m) medidos através de visualização por imagem de satélite *Land Remote Sensing Satellite* (LANDSAT) 224064/2010.

**Figura 5.** a) Açude abastecido pela nascente N2;b) Biomassa vegetal localizada na parte posterior do açude. Rancho Nossa Senhora de Nazaré, município de São João do Araguaia, Pará



Fonte: autores (2021)

Atualmente, o açude é utilizado apenas para a dessedentação do gado. Não existe praticamente nenhuma vegetação protetora no entorno nem cerca de isolamento, o que permite o livre acesso do gado ao açude, o que eleva o risco de contaminação da água. De acordo com o caseiro do Rancho Nossa Senhora de Nazaré, essa biomassa é a única forma de vegetação da propriedade, constituída pelas seguintes espécies vegetais (Quadro 1).

**Quadro 1.** Espécies vegetais identificadas na parte posterior de N2. Rancho Nossa Senhora de Nazaré, município de São João do Araguaia, Pará

Nome vernacular	Nome científico
Açaí	<i>Euterpe oleracea</i> Mart.
Axixá	<i>Sferculia speciosa</i> K. Sch.
Coco babaçu	<i>Orbignya speciosa</i> Mart.
Embaúba	<i>Cecropia Peltata</i> L.
Ingá cipó	<i>Inga edulis</i> Mart.
Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i> L.
Paricá-grande	<i>Schizolobium parahyba</i> car. <i>amazonicum</i> (Huber x Ducke) Barneby
Sapucaia	<i>Lecythis pisonis</i> Cambess.

Elaborada a partir de dados contidos na infoteca da Embrapa (<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/999043/1/COM250.pdf>)

### 3. AÇÕES SUGERIDAS PARA O REFLORESTAMENTO DA MATA CILIAR NO ENTORNO DAS DUAS NASCENTES

As sugestões para a recuperação da mata ciliar das duas nascentes apresentam-se subdivididas em ações integrantes de cada uma das áreas alteradas, obviamente que a implantação e execução dessas ações dependerão dos recursos financeiros e mão de obra disponível, e principalmente do interesse do produtor rural responsável pelo Rancho Nossa Senhora de Nazaré em cumprir a legislação relacionada à proteção das matas ciliares. Além da dependência dos fatores citados, têm-se ainda outros estudos que devem ser efetuados como, por exemplo, fatores edáficos, clima, topografia escolha adequada do tipo de vegetação adaptável a estes fatores.

Estas sugestões têm como pano de fundo, a afirmativa de que o uso de espécies nativas em programas de recuperação ambiental pelas mesmas ter evoluído no local, tendo, portanto, mais chances de ao encontrarem seus polinizadores, dispersores de sementes e predadores naturais, mantendo assim a capacidade de produção e regeneração natural das populações (KAGEYAMA; GANDARA, 2000).

#### 3.1 PARA N1

As sugestões para essa nascente, a partir de características inerentes a essa área (Quadro 2).

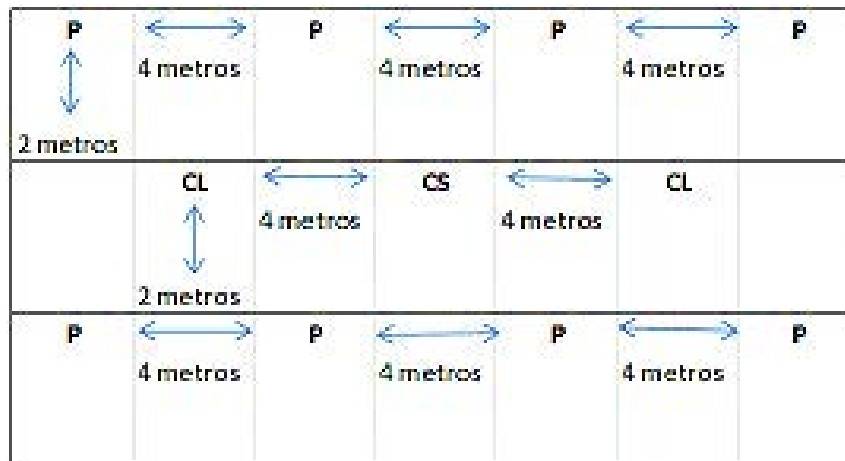
**Quadro 2.** Sugestão para recuperação da N1. Rancho Nossa Senhora de Nazaré, município de São João do Araguaia, Pará

Ações	Características
1	Interromper os fatores de alteração a partir da restrição do acesso dos animais no entorno tanto do córrego quando da nascente.
2	Distribuir a água em bebedouros (Anexo C), por gravidade, bombas, roda d'água. Caso isso não seja possível de imediato, deve ser tomada alguma medida provisória para minimizar o impacto do gado nos cursos d'água e mata ciliar, como delimitar um corredor de acesso à água do córrego e do açude (CAMPOS FILHO et al., 2006).
3	Aplicação do método "Quincôncio" ou alternância que é o modelo que tem obtido melhores resultados e vários autores (BARBOSA et al., 2008; ARAGÃO, 2009; DIPE, 2009) o tem sugerido para ações de reflorestamento, devido ao rápido recobrimento da área. O plantio das mudas deve ser feito em covas bem-preparadas e adubadas. As covas devem ter aproximadamente 30x30x30 cm para o plantio de mudas nas áreas mais plana da APP e para áreas com maior declive (taludes), as covas devem ter aproximadamente 15x15x15 cm (ARAGÃO, 2009).

Elaborada a partir de dados contidos nas publicações citadas.

Um modelo de utilização do método Quincôncio com o plantio de espécies pioneiras e clímax, exigentes de luz e tolerante à sombra (Figura 6).

**Figura 6:** Modelo de plantio Método Quincôncio.



Para esse método, deve ser utilizado o maior número de espécies possíveis, alternando aquelas que apresentam indivíduos adultos de grande e pequeno porte. Nas proximidades do córrego ou áreas úmidas, devem ser plantadas espécies tolerantes às condições de umidade (FELLFILI et al., 2000). A partir da tipologia florestal local, foram sugeridas algumas espécies que são favoráveis ao método (Quadro 3).

**Quadro 3.** Espécies indicadas para o método Quincôncio. \* (U) Espécies adaptadas a áreas úmidas ou encharcadas. Elabora da partir de dados contidos em Nunes (2007).

Pioneiras		Clímax exigente de luz		Clímax Tolerante de Sombra	
Nome vernacular	Nome Científico	Nome vernacular	Nome Científico	Nome vernacular	Nome Científico
Açaí (U)	<i>Euterpe oleracea</i> Mart	Angelim	<i>Hymenolobium petraeum</i>	Abacate	<i>Persea americana</i>
Bacaba	<i>Oenocarpus distichus</i>	Pedra	<i>Eschweira ovata</i>	Buriti (U)	<i>Mauritia flexuosa</i>
Camará	<i>Rapanea ferruginea</i>	Cajá-Mirim (U)	<i>Spondias lutea</i> L.	Castanha do Pará	<i>Bertholletia excelsa</i>
Goiaba (U)	<i>Psidium guayaba</i>	Castanha do Maranhão (U)	<i>Bombacopsis glabra</i>	Cupuaçu	<i>Theobroma grandiflorum</i>
Ingá (U)	<i>Ínga edulis</i> Mart	Cedro	<i>Persea lauraceae</i>	Ipê Amarelo	<i>Tabebuia serratifolia</i>
Jacarandá	<i>Acrocomia aculeata</i>	Macaúba	<i>Acrocomia aculeata</i>	Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i> L.
Bico de Pato	<i>Byrsonima crassifolia</i>	Pupunha (U)	<i>Bactris gasipaes</i>	Manga	<i>Mangifera indica</i>

Legendas: **P** - Espécies pioneiras. **CL** - Espécies Clímax Exigentes de Luz. **CS** - Espécies Clímax Tolerantes de Sombra. Adaptada a partir de Nunes (2007).

A partir da distribuição das espécies em método Quincôncio, deverão ser realizados os tratos culturais, para garantir o bom crescimento e desenvolvimento das plantas. Tais tratos culturais constituem-se em (CHAVES, 2007):

- Roçada dos capins e arbustos nas faixas de cultivo para o plantio.

- Abertura de covas (30x30x30 cm).
- Aplicação e incorporação de adubo orgânico (opcional a critério do proprietário), plantio das mudas florestais nativas.
- Estaqueamento das mudas (opcional) para sustentá-las e evitar o tombamento. Essa prática facilita a manutenção do reflorestamento.
- Coroamento (capina ao redor) das mudas pelo menos duas vezes no primeiro ano e sempre que necessário, a partir do segundo ano.
- Roçadas (capinas de manutenção) nas faixas de cultivo sempre que necessário, especialmente nos três primeiros anos.
- Replântio das mudas no início do segundo ano. As roçadas e o controle de formigas devem ser realizados até o terceiro ano do plantio e a partir daí as intervenções são ocasionais.

### 3.2 PARA N2

Para a recuperação da N2, as ações sugeridas são (Quadro 4).

**Quadro 4:** Sugestão para recuperação da N2.

Ações	Características
1	O isolamento da área deve ser realizado para interromper os fatores de alteração.
2	Os métodos de dessedentação poderão ser os mesmos indicados para N1.
3	Essa área apresenta um estágio maior de alteração que a área 01, pois foram introduzidos materiais não existentes na paisagem natural que prejudicam o afloramento e distribuição da água a partir da nascente, na construção do açude. A primeira medida proposta seria então a retirada da barragem para em seguida verificar o verdadeiro estado atual da nascente.  Para a recuperação da mata ciliar recomenda-se a implantação de um SAF. Alguns aspectos técnicos relevantes para o sucesso de iniciativas de recuperação utilizando SAF's são (CAMPOS FILHO; JUNQUEIRA; PENEIREIRO, 2006):
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escolher as espécies em função do clima e solo.</li> <li>• Utilizar leguminosas e outras plantas que produzem muita folha e rebrotam se podadas.</li> <li>• Plantar alta diversidade de plantas agrícolas e nativas; todo espaço deve ser ocupado por algum plantio. Não deixar espaços vazios, pois serão ocupados por capim.</li> <li>• Plantar todos os grupos sucessionais: plantas com ciclo de vida curto, médio e longo; plantas baixas, médias e altas; ervas, arbustos e árvores.</li> </ul> Acumular matéria orgânica no sistema (não utilizar fogo), acelerando o processo de regeneração natural e decomposição de nutrientes.

Fonte: autores (2019).

Ainda existem poucas informações sobre a maioria das espécies florestais da região Amazônica a ser utilizadas nos SAF's. Há bastantes estudos (ALVES, 2009; CASTRO;

DEVIDE, 2011; MAY, 2009; SILVA, 2002) sobre poucas espécies e muitas espécies praticamente desconhecidas. Estudo acerca das principais espécies florestais utilizadas em SAF's na Amazônia (SILVA et al., 2008a) concluiu que elas podem ser base para escolha das espécies adequadas para a recuperação da N2. Dessa forma, o proprietário do Rancho Nossa Senhora de Nazaré não só cumpre sua obrigação legal de recuperar sua APP, mas também garante uma nova forma de desenvolvimento econômico, dessa vez sustentável, de sua propriedade, que deverá servir de exemplo para seus vizinhos e outros produtores da região.

No atual cenário de discussões sobre o aquecimento global, a utilização de SAF's, por permitir a manutenção da cobertura vegetal, reduz a necessidade de queimadas para o cultivo e contribui para diminuir as emissões de Carbono para a atmosfera e ainda recupera parte do carbono emitido. Ele pode ser considerado um sistema inteligente e diversificado que pode aumentar a renda do agricultor, reduzir a pressão sobre as florestas nativas, e ajudar na conservação do solo, da água, do carbono e da biodiversidade. Os SAF's são, portanto, fundamentais para aumentar a resiliência econômica e ecológica da propriedade rural (NUNES; VIVAN, 2011).

### 3.3 MONITORAMENTO

O monitoramento poderá ser efetuado com o uso de indicadores ambientais edáficos como, por exemplo, fauna do solo, cujo estudo não apresenta custos elevados. A coleta de serapilheira em quadrantes de madeira (25 cm x 25 cm) e seis amostras do solo com profundidade de 5 cm. Essas amostras poderão ser enviadas à Universidade do Estado do Pará (UEPA), Campus VIII, Marabá, para identificação e classificação das espécies, e o cálculo da densidade demográfica das espécies. Estudos dessa natureza já foram efetuados na Região Amazônica com grande efetividade no monitoramento (ANDRADE, 2000; BARROS et al., 2008b; MUSSURY, 2002; PEIXOTO et al., 2010; PEREIRA JÚNIOR, 2011; RUIVO et al., 2007).

O uso do método sobre a cobertura das copas (indicador estrutural), poderá ser empregado no monitoramento porque revela a criação ou reabilitação de micro-habitat interno (luz, temperatura, umidade), controle de erosão e ervas invasoras (BATISTA, 2014; MARTINS, 2013). Nesse método, utiliza-se uma trena para mensuração da intersecção das copas das árvores, e somam-se os valores encontrados, a seguir, multiplica-se o resultado encontrado por 100, para determinar a porcentagem dessa cobertura com a aplicação da Equação :

$$CV = \frac{a + b + c}{\text{comprimento da trena}} \times 100 \quad (1) \qquad \text{Equação 1}$$

Onde: CV = cobertura das copas (%); a, b, c = soma das interseções de copas em uma linha pré-determinada (metros)

Além da serapilheira e da mensuração das copas das árvores, outros indicadores de qualidade ambiental (Quadro 5), permitem avaliar o processo de recuperação da área após a aplicação das técnicas de recuperação, baseados na melhora qualitativa dos descritores de qualidade do solo, qualidade da água e vegetação ciliar (ARAÚJO FILHO et al., 2010).

**Quadro 5.** Indicadores de qualidade ambiental.

<b>Categoria</b>	<b>Elementos</b>	<b>Descritores</b>	<b>Indicadores</b>
<b>Base dos Recursos</b>	Solo	Qualidade do Solo	Uso desordenado do solo (ha) Área Erodida (%)
	Água	Qualidade da Água	Assoreamento do Córrego (ha) Variação da cota do córrego (m) Vazão da nascente e córrego (m <sup>3</sup> /s)
	Vegetação	Vegetação Ciliar	Área desmatada (ha) Índice de Biodiversidade (%) Índice de Cobertura Vegetal (%)

Adaptada a partir de Araújo Filho et al. (2010).

#### 8.4 PARA A EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Para a Educação Ambiental propõe-se a busca por parcerias entre órgãos públicos, como o INCRA, a Secretaria do Meio Ambiente (SEMA), a EMATER, instituições privadas que prestem assistência técnica a assentamentos e, finalmente, a comunidade acadêmica, representada pelas universidades da região. Essa educação deve ser transmitida aos produtores através de palestras, encontros semanais, distribuição de cartilhas e cursos que discorram sobre o modo de produzir de maneira sustentável para que os moradores cumpram o seu papel social e legal (ZANZARI et al., 2008).

Os encontros deverão ter como assunto principal a importância da preservação de APP's e as técnicas de recuperação, como o enriquecimento florístico com a utilização do método Quincôncio e a implantação de SAF's. Os moradores do assentamento poderão assim adquirir conhecimento sobre tais práticas e os benefícios que elas podem trazer para a melhoria do meio ambiente e da qualidade de vida.

Para implantar o método Quincôncio na N1 e o SAF na N2 é necessário o plantio espécies no solo, e para tal, é preciso o preparo do terreno. Para execução adequada desses serviços os assentados poderão receber qualificação necessária com cursos onde técnicos habilitados os ensinam as técnicas mais corretas para implantar essas práticas (Ex.: escavar as covas no tamanho adequado para cada espécie e solo).

Além dessas instruções órgãos competentes, através de parcerias com os cursos universitários como Agronomia, Engenharia Ambiental e Engenharia Florestal, poderão

educar os assentados com novos métodos de manejo do solo que utilizem produtos de fácil acesso e manipulação, com baixo custo (Ex.: educá-los para corrigir o solo e melhorar as concentrações de nutrientes com o uso de adubação verde, orgânica e mineral; educá-los a controlar pragas e doenças com técnicas de menor impacto ambiental que o uso de agrotóxicos, como o uso de água de fumo, água de sabão, macerado de samambaia e calda bordalesa; entre outros) (FONSECA, 2012).

De acordo com o mesmo autor, também se deve ensinar aos produtores a reconhecer os sinais do próprio meio ambiente (Ex.: quando houver a presença de muitos insetos, ou determinado tipo de erva daninha, pode ser devido a algum tipo de desequilíbrio ou alguma carência: se o solo está recoberto de samambaia é porque está ácido, guaxuma é porque o solo está compactado, o cabelo de porco indica exaustão de cálcio, entre outros). É necessário que a educação ambiental seja atuante para comprovar que por meio do uso correto dos recursos naturais será assegurada a sustentabilidade do assentamento.

## CONCLUSÃO

Houve ação antrópica direta sobre a APP no Rancho Nossa Senhora de Nazaré. A principal alteração ocorreu quanto ao uso da terra e dos recursos hídricos (as duas nascentes analisadas), cujas matas ciliares foram totalmente substituídas por vegetação nutricional para o gado.

O reflorestamento dessas APP's é possível porque foi observada presença de vegetação de caráter não nutricional para o gado como, por exemplo, açazeiros, o que evidencia resiliência do solo. As nascentes N1 e N2 continuam com jorro de água por capilaridade, embora com vazão bem menor que a capacidade natural que teriam caso ainda houvesse vegetação protetora e o solo não estivesse compactado.

Para recuperar a mata ciliar no entorno das nascentes e obedecer ao Código Florestal brasileiro, foram sugeridas duas técnicas diferentes, uma para cada nascente. As duas técnicas seguem as exigências da Resolução CONAMA n.º 429/11, que expõe que as APP's deverão ser recuperadas somente com utilização de espécies nativas. Como o trabalho não contou com análise do solo da área, as espécies sugeridas foram extraídas de publicações relacionadas à utilização das duas técnicas na região e com dados obtidos pelos moradores do Rancho.

A técnica sugerida para N1, que está em um estado de alteração menos avançado que N2, foi o enriquecimento florístico com utilização de mudas de espécies nativas, plantadas nos padrões do método Quincônio, onde as espécies recuperam a área pelo processo de sucessão ecológica. Esse método proporciona rápido recobrimento da área, o que melhora a filtragem dos resíduos e aumenta fixação do solo.



Para N2, onde foi observado maior grau de alteração, recomenda-se a retirada da barragem e recuperação da mata ciliar no entorno com a utilização de um SAF, técnica bastante utilizada atualmente por melhorar a fertilidade do solo e ser de fácil manutenção.

Para que se garanta o sucesso dessas técnicas é necessário que o produtor responsável pelo Rancho Nossa Senhora de Nazaré tenha interesse em obedecer à legislação vigente e realize de fato a recuperação das áreas. Além disso, os órgãos responsáveis pelo assentamento rural devem prestar serviços de Educação Ambiental, para que todos os produtores dessa região se sensibilizem da importância da manutenção dessas áreas para o equilíbrio ambiental e proporcionar assistência técnica especializada que verifique através de análises do solo as melhores espécies a serem utilizadas.

A partir da execução das sugestões inseridas nesse trabalho, acredita-se que surgirão novas oportunidades de multiplicar esta experiência, dar continuidade às iniciativas e reaplicar seu êxito na busca de um futuro desejável que manterá vivo este legado para o desenvolvimento sustentável dos assentamentos de toda a região.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, L. M. **Sistemas Agroflorestais (SAF's) na restauração de ambientes degradados**. 2009. Disponível em: < [http://www.ufjf.br/ecologia/files/2009/11/Est%C3%A1gio-Doc%C3%Aancia\\_LUCIANA.pdf](http://www.ufjf.br/ecologia/files/2009/11/Est%C3%A1gio-Doc%C3%Aancia_LUCIANA.pdf) > Acesso em: 23 jul. 2012.
- ANDRADE, L. B. **O uso da fauna edáfica com bioindicadora de modificações ambientais em áreas degradadas**. 2000. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.
- ARAGÃO, A. G. **Estabelecimento de Espécies Florestais Nativas, em Área de Restauração Ciliar no Baixo Rio São Francisco**. 2009. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Sergipe. Sergipe, 2009.
- ARAUJO FILHO, R. N.º; HOLANDA, F. S. R.; RIBEIRO, L. F. Indicadores ambientais para o estudo da contribuição da bioengenharia na sucessão ecológica da mata ciliar na margem direita do rio São Francisco. **Caminhos da Geografia**. Uberlândia, v. 11, n.º 35 pp. 222 – 230, 2010.
- BARBOSA, T. R. L.; BARROSO, D. G.; SILVA, M. P. S. Preservação de Nascentes. Niterói: PRR. Programa Rio Rurais, 2008.
- BARROS, E.; MATTHEUS, J.; TAPIA-CORAL, S.; NASCIMENTO, A. R. L. LAVELLE, P. Comunidades da Macrofauna do Solo na Amazônia Brasileira. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSARD, L. (Eds.) **Biodiversidade do Solo em Ecossistemas Brasileiros**. Lavras: UFLA, 2008b, cap. 6, pp. 171-191.
- BATISTA, J. L. F. **Biometria florestal segundo o axioma da verossimilhança com aplicações em mensuração florestal**. Tese. Doutorado (Livre-docência) – Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, São Paulo, 2014.
- BOLETIM DE PESQUISA: **Introdução e avaliação de forrageiras no município de São João do Araguaia, Estado do Pará**. Belém: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido, 1982.

BRASIL. **Resolução Conama n.º 429**, de 28 de fevereiro de 2011. Disponível em: <[www.mma.gov.br/conama](http://www.mma.gov.br/conama)>. Acesso em: 16 jun.º 2012. Acesso em: 20 dez. 2020

BRASIL. **Lei n.º 12. 651** de 24 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n.º s 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis n.º s 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória n.º 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm). Acesso em: 20 jun. 2021.

CAMPOS FILHO, E. M.; JUNQUEIRA, R. G. P; PENEIREIRO, F. M. **Cuidando das águas e matas do Xingu**. 2006. Instituto Socioambiental, São Paulo, 2006. Disponível em: < [http://www.mma.gov.br/estruturas/pda/\\_arquivos/prj\\_mc\\_048\\_pub\\_liv\\_001\\_rf.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/pda/_arquivos/prj_mc_048_pub_liv_001_rf.pdf)>. Acesso em: 22 ago. 2012.

CARTAXO, R. M. M. **Recuperação da mata ciliar ao longo do rio Mamanguape, litoral norte da Paraíba**. 2009. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.

CASTRO, C. M.; DEVIDE, A. C. P. Sistemas agroflorestais: retorno econômico e ambiental na recuperação da mata ciliar e reserva legal. **Pesquisa & Tecnologia**. v. 8, n.º 41, 2011.

CHABARIBERY, D.; SILVA, J. R.; TAVARES, L. F. J.; LOLI, M. V. B.; SILVA, M. R.; MONTEIRO, A. V. V. M. Recuperação de matas ciliares: sistemas de formação de floresta nativa em propriedades familiares. In: **VII ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ECOLÓGICA**, 7, 2007, Fortaleza. Fortaleza: UNIFOR, 2007. pp.3 - 5.

CHAVES, N.º **Dossiê técnico: Técnicas e Processos de Reflorestamento de Matas Ciliares**. Universidade de Brasília – UNB, 2007. Disponível em: < <http://sbirt.ibict.br/dossie-tecnico/downloadsDT/NDU=>>. Acesso em: 28 jul. 2012.

COSTA, M. S. C.; FIRMINO, A. I. P.; SILVA, S. M. **Sul e Sudeste do Pará: Hoje**. Belém: AMAT-UNICEF, 1996.

DIPE, M.P.M. **Reflorestamento de Área Degradada em Propriedade Cafeeira**. 2009. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Tecnologia em Cafeicultura) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

FELLFILI, J. M.; RIBEIRO, J. F.; FAGG, C. W.; MACHADO, J. W. B. **Recuperação de Matas de Galeria**. n.º 21, Planaltina: Embrapa Cerrados, 2000.

FONSECA, A. **Reunião Temática: Agroecologia**. EMATER-PA. Marabá, 2012.

GUERRA, R. M. N. **É possível Atingir a Sustentabilidade nos Assentamentos de Reforma Agrária na Amazônia Legal? O caso do PDS São Salvador no estado do Acre**. 2002. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília, Brasília, 2002.

IBGE. Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. **Censo 2010**. Disponível em: <[http://www.censo2010.ibge.gov.br/dados\\_divulgados/index.php?uf=15](http://www.censo2010.ibge.gov.br/dados_divulgados/index.php?uf=15)> Acesso em: 23 jul. 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. **Manual Técnico de Vegetação Brasileira**. 2 ed., rev., e amp. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/plugin-file.php/4228241/mod\\_resource/content/2/Manual%20Tecnico%20da%20Vegetacao%20Brasileira%20-%202012.pdf](https://edisciplinas.usp.br/plugin-file.php/4228241/mod_resource/content/2/Manual%20Tecnico%20da%20Vegetacao%20Brasileira%20-%202012.pdf). Acesso em 20 jan. 2019

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B. Recuperação de áreas ciliares. In: RODRIGUES, R. R; LEITÃO FILHO, H. F. **Matas Ciliares: Conservação e Recuperação**. São Paulo: USP/ FAPESP, 2000, pp. 02-24.

MAY, P. H. **Serviços ambientais gerados por SAF's em Espírito Santo**. 2009. Disponível em: <[http://xa.yimg.com/kq/groups/22137872/62178724/name/MAY\\_Servicos\\_Ambientais\\_Gerados\\_por\\_](http://xa.yimg.com/kq/groups/22137872/62178724/name/MAY_Servicos_Ambientais_Gerados_por_)

SAFs\_em\_Espirito\_Santo.pdf>. Acesso em: 23 set. 2012.

MUSSURY, R. M.; SCALON, S. P. Q.; SILVA, S. V.; SOLIGO, V. R. Study of Acari and Collembola Populations in Four Cultivation Systems in Dourados – MS. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. v. 45, n.º 3, pp. 257-264, 2002.

NUNES, E. **Projeto Técnico de Reconstituição da Flora – PTRF**. 2007. Disponível em: <<http://www.universalisconsultoria.com.br/projetos/0023.pdf>>. Acesso em: 3 ago. 2012.

NUNES, P. C.; VIVAN, J. L. **Florestas, Sistemas Agroflorestais e Seus Serviços Ambientais e Econômicos em Juruena-MT**. 2011. Disponível em: [http://carbonojuruena.org.br/framework/fw\\_files/cliente/carbonojuruena/ged/lt\\_biblioteca/51/1\\_12\\_15\\_23\\_20119267143.pdf](http://carbonojuruena.org.br/framework/fw_files/cliente/carbonojuruena/ged/lt_biblioteca/51/1_12_15_23_20119267143.pdf). Acesso: 10 jul. 2012.

PARÁ (Estado). Secretaria de Estado de Planejamento, Orçamento e Finanças. Estatística Municipal: São João do Araguaia. Pará, 2011. Disponível em: <<http://www.idesp.pa.gov.br/paginas/produutos/EstatisticaMunicipal/pdf/SJAraguaia.pdf>>. Acesso: 10 jul. 2012.

PEIXOTO, T. S.; PRAXEDES, C. B.; BARBOSA, F.; IMBROZIO JÚNIOR, R.; OLIVEIRA, M. C. M.; MOURÃO, JÚNIOR, M. Composição e riqueza de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em savana e ambientes associados de Roraima. **Revista Agro@ambiente**. v. 4, n.º 1, pp. 1-10, 2010.

PEREIRA JÚNIOR, A. **Fertilidade e fauna edáfica em solo sob reflorestamento com Paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) no município de Aurora do Pará**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2011.

RUIVO, M. L. P.; BARREIROS, J. A. P.; BONALDO, A. B.; SILVA, R. M.; SÁ, L. D. A.; LOPES, E. LBA–ESECAFLOR Artificially Induced Drought in Caxiuanã Reserve, Eastern Amazonia: Soil Properties and Litter Spider Fauna. **Earth Interactions**. v. 11, n.º8, pp. 1-13, 2007.

SILVA, D. M. **Significados do PRONAF “A” para famílias beneficiadas do Assentamento 1º de março em São João do Araguaia, Pará – 2000 a 2002**. 2008. Dissertação (Mestrado em Agricultura Familiar e Desenvolvimento Sustentável). Universidade Federal do Pará, Belém, 2008.

SILVA, P. P. V. **Sistemas Florestais para recuperação de matas ciliares em Piracicaba, SP**. 2002. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SILVA, P. T. E.; SILVA JÚNIOR, J. A. G.; BARROS, P. L. C.; MACIEL, M. N.º M. Principais espécies florestais utilizadas em sistemas agroflorestais na Amazônia. **Revista Ciências Agrárias**. n 49, pp. 127-144. 2008.

ZANZARI, R. M.; ROSOLEN, V.; BARBOSA, G. R.; QUEIROZ, A. T.; ALBINO, K. G. **Avaliação e Educação Ambiental no Trabalho de Auto Recuperação de Matas Ciliares**. 2008. Disponível em [http://www.geomorfologia.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos\\_completos/eixo11/079.pdf](http://www.geomorfologia.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo11/079.pdf). Acesso em: 26 jul. 2019.

## REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA QUANTO AOS ASPECTOS BIOLÓGICOS DA SIMBIOSE MICORRÍZICA ARBUSCULAR

**LUCAS LEITE DA SILVA**

**MILENA PUPO RAIMAM**

### INTRODUÇÃO

Os microrganismos são os seres mais primitivos do planeta e, ao longo do processo evolutivo, adquiriram características e adaptações para a coexistência com outros seres, estabelecendo relações de interação ecológicas (MOHAN et al., 2014; GAI et al., 2015). Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), segundo Redecker et al. (2000); Berbara et al. (2006), foram organismos pioneiros no estabelecimento da relação ecológica de simbiose com raízes de vegetais superiores, com indícios fósseis que datam de cerca de 450 milhões de anos.

A relação simbiótica estabelecida pelos FMAs com raízes de angiospermas, gimnospermas, alguns representantes das briófitas e pteridófitas, é caracterizada por proporcionar vários benefícios aos organismos envolvidos e ao ambiente (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006), sendo uma associação de ocorrência generalizada nos ecossistemas naturais (INVAM, 2019).

Esses microrganismos do solo, assim como afirmam os autores Klironomos et al. (2000); Smith e Read (1997), desenvolvem a simbiose entre fungos e plantas mais amplamente distribuída da natureza. Por apresentar um caráter cosmopolita, essa associação é verificada nos mais diversos biomas e ecossistemas naturais, tais como: florestas tropicais, desertos, savanas, pradarias e dunas. Além disso, essa relação também é encontrada em ambientes antropizados, como: áreas agrícolas, preservadas ou degradadas.

De acordo com Sturmer e Siqueira (2013), a simbiose micorrízica arbuscular proporciona benefícios diretos e indiretos às plantas hospedeiras. Isso se deve aos efeitos das hifas do fungo que, além de serem mais eficientes na absorção de água e nutrientes do que as raízes das plantas, promovem efeitos que contribuem para a agregação do solo. Esses fatores, que geram vantagens às plantas e fungos, são de interesse para aplicação nas áreas de bioproteção, biorregulação e tolerância a estresses bióticos e abióticos.

A ocorrência destes microrganismos nos diversos ecossistemas é influenciada por fatores bióticos e abióticos (CARRENHO

et al., 2010). Durante o ano, ela encontra-se sujeita a variações dependendo das condições de temperatura, umidade, matéria orgânica do solo, fósforo, nitrogênio, pH e aeração do solo (MELLO et al., 2006; SILVA et al., 2016). Aspectos da vegetação podem explicar melhor a diversidade de FMAs do que os atributos químicos do solo, pois é uma tentativa de demonstrar os efeitos de processos locais atuando sobre a diversidade desses fungos no solo (GOMIDE et al., 2013).

Neste sentido, o presente trabalho tem como intuito realizar uma revisão da literatura relacionada aos aspectos biológicos dos fungos micorrízicos arbusculares, ressaltando como ocorre o processo de formação da simbiose com as raízes das plantas, como interação ecologicamente com os componentes ambientais e biológicos dos ecossistemas e os benefícios oriundos da relação micorrízica arbuscular para o ambiente natural.

## METODOLOGIA

A metodologia executada para realização desta pesquisa foi a revisão sistemática da literatura, modalidade de investigação que segue protocolos específicos, e busca entender e dar logicidade a um grande corpus documental (GALVÃO; RICARTE, 2019). Refere-se a investigação focada em questão bem definida, que visa identificar, selecionar, avaliar e sintetizar as evidências relevantes disponíveis (GALVÃO; PEREIRA, 2014).

Dessa maneira, buscou-se realizar um levantamento da literatura com o intuito de obter informações referentes aos aspectos biológicos dos FMAs relativo a 7 tópicos: (1) aspectos gerais dos FMAs; (2) etapas de desenvolvimento do ciclo simbiótico dos FMAs; (3) estruturas fúngicas que caracterizam os FMAs; (4) classificação taxonômica dos FMAs; (5) fatores ecológicos que influenciam a simbiose micorrízica arbuscular; (6) benefícios da simbiose micorrízica arbuscular; (7) produção da molécula de glomalina e a importância ambiental.

O material desta revisão sistemática da literatura foi buscado nas plataformas, Coordenação de Pesquisa e Aperfeiçoamento do Ensino Superior (CAPES), Science Electronic Library Online (SciELO), Scopus e Web of Science. Para a realização da pesquisa nos bancos de dados, foram utilizados descritores de forma isolada e combinada na língua inglesa: *arbuscular mycorrhizal symbiosis*; *Microbial Ecology*; *taxonomic classification*; *ecological factors*; *Direct and indirect benefits*; *Glomalin*. O método booleano foi empregado para aperfeiçoar as buscas através da execução dos seguintes operadores: *AND* (e), *OR* (ou) e *AND NOT* (e não).

A pesquisa de trabalhos foi realizada no recorte temporal entre os anos 2000 a 2021, não excluindo trabalhos clássicos e importantes publicados anteriormente ao período definido. A seleção do material foi realizada através da leitura do título, resumo e conteúdo completo dos trabalhos para verificar a relação das informações com a proposta da revisão.

Desse modo, foram selecionados trabalhos clássicos e contemporâneos da literatura relativos à área da Micorrizologia.

## REVISÃO DE LITERATURA

### Aspectos Gerais dos FMAs

O termo micorriza (do grego *mukes*: fungo e *rhiza*: raiz) foi proposto pelo botânico alemão Albert Bernard Frank em 1885. Entretanto, somente após os anos 1950, as estruturas reprodutivas das micorrizas começaram a ser conhecidas e estudadas (MOHAN et al., 2014). De acordo com Gai et al. (2015) e Mohan et al. (2014), os FMAs, durante seu ciclo de vida, associam-se com as raízes de plantas, formando a simbiose micorrízica arbuscular, incrementando a nutrição e estimulando o crescimento das plantas.

Os FMAs formam simbiose mutualística com representantes de mais de 95% das famílias de plantas vasculares (TRESEDER; CROSS, 2006), proporcionando vários benefícios, além de aumentar a capacidade de sobrevivência das plantas no solo por meio da expansão do sistema radicular (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006;).

Conforme Cavalcante et al. (2009); Carvalho et al. (2012); Drigo et al. (2010) esse grupo de fungos é caracterizado por produzir uma estrutura denominada arbúsculo, cuja função é realizar o transporte de nutrientes e água do solo para o hospedeiro. Essa estrutura é oriunda da diferenciação das hifas presentes no tecido radicular da planta, mais precisamente no córtex da raiz, responsável por disponibilizar nutrientes e água, obtidos pelas hifas em contato direto com solo, às células do córtex radicular.

Os FMAs são biotróficos obrigatórios, dependendo inteiramente da simbiose para completar seu ciclo de vida, pois perderam a capacidade saprofítica ao longo do processo evolutivo (SOUZA et al., 2011). Em consonância com Parniske, (2008); Smith e Read (2008), os benefícios dessa simbiose entre planta e fungo são caracterizados pelo fornecimento de parte de metabólitos fotossintetizados pelas plantas aos fungos, enquanto os fungos funcionam como extensão do sistema radicular, absorvendo macro e micronutrientes direcionando à planta, além de reduzir as consequências de estresses hídricos e a atuação de parasitos.

De acordo com Dalanhol et al. (2016); Querejeta et al. (2009), a maior exploração do solo por parte das hifas proporciona maior sanidade vegetal e resistência a situações de estresse nutricionais e hídricos. Esses fungos promovem maior tolerância aos estresses bióticos e abióticos, favorecendo o crescimento das plantas por translocar maior quantidade de íons de baixa mobilidade no solo, essencialmente o fósforo, beneficiando-se dos carboidratos produzidos (HELGASON; FITTER, 2005; SMITH; READ, 2008).

Dentre as diferentes categorias de associações micorrízicas existentes, a micorriza arbuscular é o tipo ancestral predominante em plantas terrestres, ocorrendo em várias linhagens, desde as mais antigas, como as hepáticas, até as angiospermas (SMITH; READ, 2008). Evidências fósseis e moleculares apontam que a relação simbiótica entre espécies vegetais e fungos micorrízicos é antiga, datada de 450 a 600 milhões de anos (DOTZLER et al., 2009), compreendendo do período Ordoviciano ao Devoniano, (REDECKER; KODNER; GRAHAM, 2000; SMITH; READ, 2008).

## **Etapas de Desenvolvimento do Ciclo Simbiótico dos FMAs**

No estabelecimento da simbiose micorrízica arbuscular ocorre a troca de sinais químicos antes do contato físico entre os simbiossitos, com a secreção de exsudatos capazes de estimular a ramificação das hifas dos FMAs até as raízes (BONFANTE-FASOLO, 2018; KIRIACHEK et al., 2009). Esta associação é possível pela comunicação molecular e por mecanismos de reconhecimento, possibilitando interações funcional e morfológica, estabelecendo relação simbiótica estável (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

A simbiose inicia a partir de uma série de eventos moleculares e bioquímicos. Em uma condição hídrica adequada, ocorre a germinação do esporo, onde as hifas desenvolvem-se de forma assimbiótica, a partir da reserva energética do esporo (JOHRI et al., 2015; SIQUEIRA et al., 2010), culminando em um ciclo que inclui a germinação dos esporos, colonização das raízes e a esporulação, que garantem a proliferação e sobrevivência dos organismos (PARNISKE, 2008).

Posteriormente, em concordância com Johri et al. (2015); Siqueira et al. (2010), através da sinalização química do vegetal, pela exsudação de flavonoides, guiando as hifas dos FMAs até a superfície radicular, o fungo penetra no córtex da raiz. As hifas crescem na rizosfera e ao entrar em contato com as raízes, formam uma estrutura especial de penetração do tipo apressório, responsável pelo processo de infecção das raízes (GAI et al., 2015; MOHAN et al., 2014).

A penetração da hifa na superfície da raiz ocorre por uma combinação de pressão mecânica e degradação enzimática parcial da parede celular vegetal por pectinases, celulasas e hemicelulasas produzidas pelo fungo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). A colonização intrarradicular é limitada aos tecidos externos à endoderme, e se dá pelo crescimento inter e intracelular das hifas (SIQUEIRA et al., 2002).

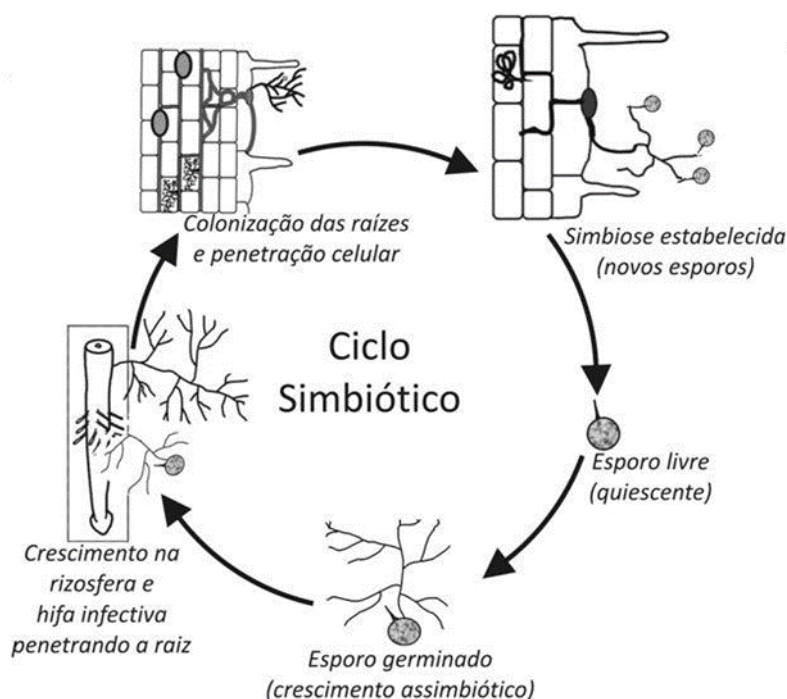
Ao entrar nas raízes, segundo Siqueira e Oliveira (1985); Siqueira (1994), as micorrizas arbusculares formam hifas trans celulares e colonizam o apoplasto e as células do córtex. A colonização apoplástica é sucedida pelo crescimento das hifas tanto inter quanto intracelularmente, sendo a última resultante da invaginação da membrana plástica vegetal.

Na parte mais interna do córtex, hifas intracelulares se diferenciam e formam arbusculos, estruturas com acesso aos carboidratos fotossintetizados das plantas.

Os arbúsculos começam a se formar cerca de dois dias após a infecção. São considerados o principal sítio de troca de nutrientes entre fungos e plantas, baseado na alta superfície de troca do arbúsculo. Possui meia-vida curta e começam a colapsar após poucos dias (CARDOSO; ANDREOTE, 2016).

Souza et al. (2006), afirmam que existem dois fatores com expressiva influência na determinação da velocidade de espalhamento, diferenciação intra e extra radicular e esporulação dos FMAs e, estão intrinsecamente relacionados às condições bióticas do genoma da planta hospedeira, além de condições ambientais da composição físico-química do solo.

**Figura 1.** Ciclo simbiótico dos FMAs.



Fonte: Adaptado de Moreira e Siqueira (2006).

## Estruturas Fúngicas que Caracterizam os FMAs

Cardoso e Andreote (2016), destacam a existência de três componentes principais que constituem as micorrizas arbusculares, sendo eles: as raízes das espécies vegetais hospedeiras, as estruturas fúngicas (presentes dentro e entre as células do córtex radicular) e o conjunto de hifas fora do tecido radicular, integrante do micélio inter-radicular.

As hifas intra e inter-radulares são importantes como propágulos para iniciar nova colonização, para gerar novos esporos, para aquisição de nutrientes e podem favorecer a agregação do solo (MARSCHNER, 1986; SIQUEIRA et al., 2002). O conjunto de hifas inter-



-radiculares, segundo Wrigth et al. (1996), formam os micélios externos, constituindo-se de um entrelaçado de hifas e produzem uma glicoproteína denominada glomalina.

Cardoso e Andreote (2016), descrevem que os arbúsculos são estruturas formadas internamente à célula vegetal, mas separadas por uma interface fungo-planta denominada membrana perifúngica. Os arbusculos são a estrutura mais característica dos FMAs, possuem anatomia que recorda um arbusto, portanto, podem ser facilmente reconhecidos com auxílio de técnicas de microscopia adequadas.

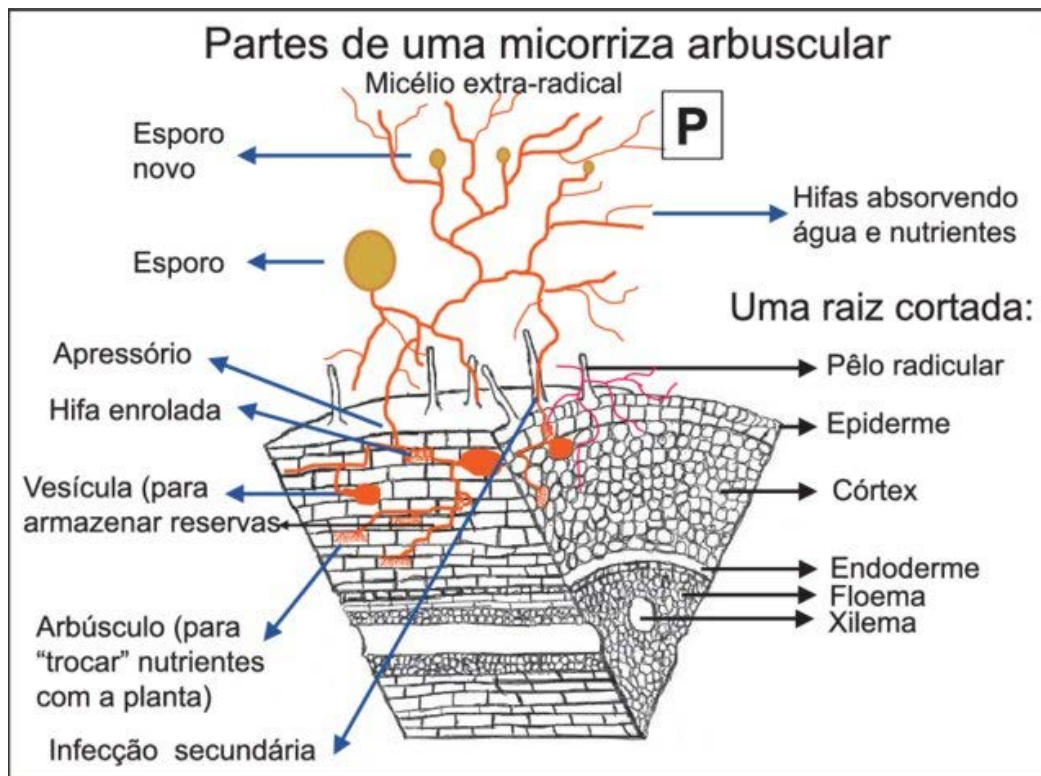
Drigo et al. (2010); Parknisk (2008); Siqueira et al. (2002), determinam que os arbúsculos têm a função de transportar nutrientes entre os envolvidos na simbiose, onde o fungo facilita a absorção de água e nutrientes, como fosfato e nitrogênio, para a planta hospedeira e, em troca, recebe cerca de 20% a 30% dos fotossintéticos vegetais na forma de carboidratos ou lipídios.

Além dos arbúsculos, alguns gêneros podem apresentar vesículas, tanto em cavidades celulares quanto em espaços intercelulares (SMITH; READ, 2008). As vesículas são estruturas globosas ou alongadas contendo grânulos de glicogênio e lipídios, são consideradas estruturas de estocagem dos fungos e podem ser formadas dentro ou fora das células do córtex (MARSCHNER, 1986). Essas estruturas, segundo Biermann e Linderman (1983), começam a se desenvolver logo após os arbúsculos, mas continuam seu desenvolvimento após a senescência destes.

Além das estruturas intra-radulares, consoante a Siqueira e Franco (1988); Souza et al. (2006), também ocorre a formação externa de uma rede de hifas ou micélio, células auxiliares e esporos. O micélio é dimórfico, em geral, não septado, de coloração amarelada e com diâmetro variando de 2 a 27  $\mu\text{m}$ . Ele se ramifica no solo, permanecendo contínuo à fase intra-radicular, localizado no córtex.

As estruturas que funcionam como compartimentos de reserva e propágulos, informado por Cardoso e Andrade (2016), são denominados esporos. Essas estruturas propagativas naturalmente estão em estado de quiescência, ou seja, para desencadear os processos metabólicos de germinação e crescimento, precisam ser ativadas. Os esporos obtêm reserva energética para germinação em forma de lipídeos, além de citoplasma e vários núcleos. Normalmente desenvolvem paredes espessas com mais de uma camada. Podem também se aglomerar, formando esporocarpos.

**Figura 2.** Estrutura intra e inter-radicular formadas pelos FMAs.

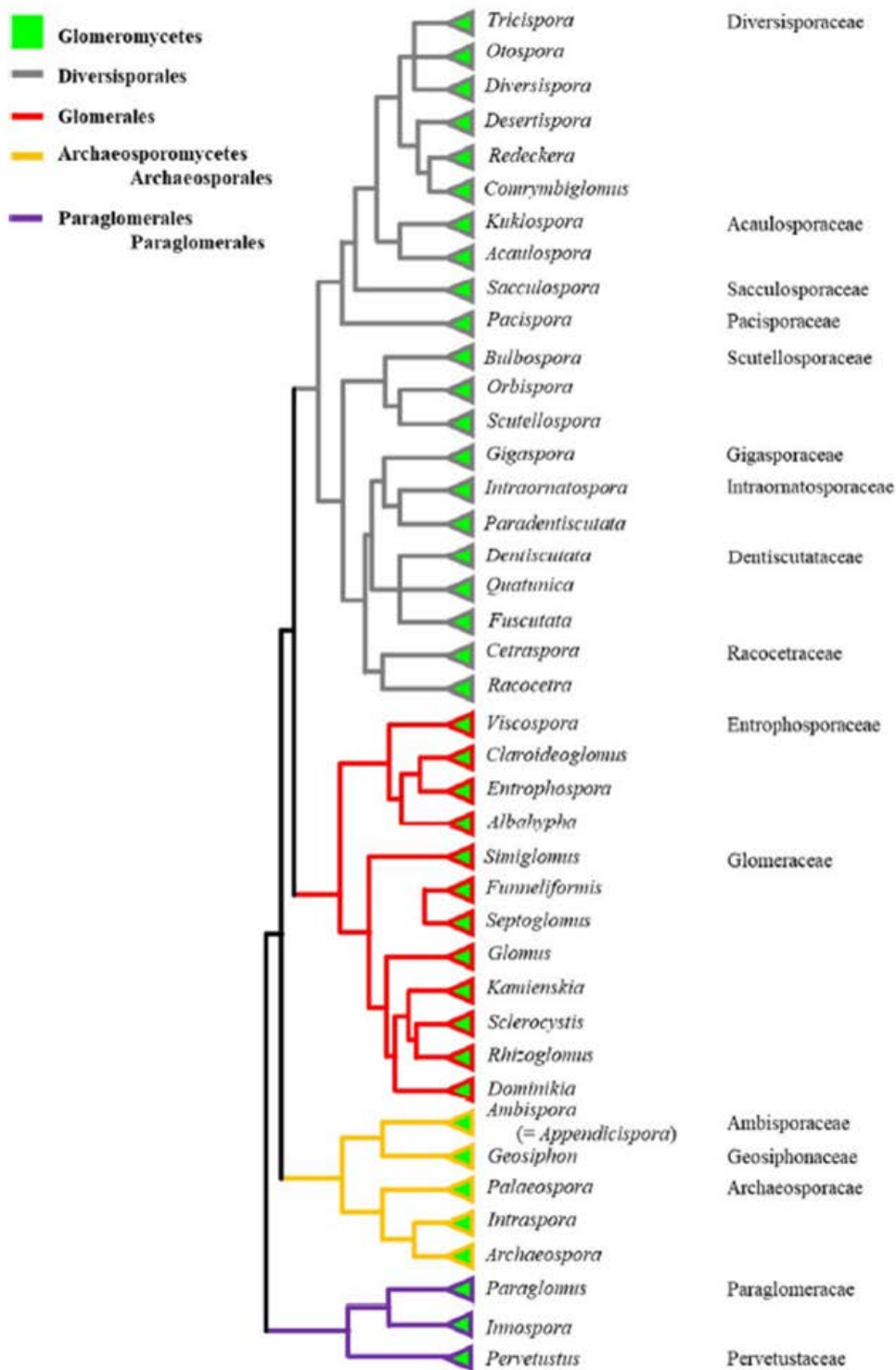


Fonte: Saggin Júnior e Silva (2005).

### Identificação e Classificação Taxonômica dos FMAs

Os FMAs permanecem com o status de filo (Glomeromycota) com três classes e cinco ordens (TEDERSOO et al. 2018). Estudos realizados por Blaszkowski et al. 2018; Symanczik et al. 2018, descrevem que os FMAs estão distribuídos em três classes, cinco ordens, 16 famílias, 44 gêneros e 317 espécies identificadas. No entanto, Spatafora et al. (2016), defendem que os FMAs estão taxonomicamente inseridos no filo *Mucoromycota* e subfilo *Glomeromycotina*, sendo subdividido em uma classe, quatro ordens, 16 famílias e 41 gêneros.

Figura 3. Classificação atual do subfilo *Glomeromycotina*.



Fonte: Adaptado de <http://glomeromycota.wix.com/lbmicorrizas>

No entanto, esta filogenia não é um consenso na comunidade científica, gerando críticas por parte de alguns pesquisadores, alegando inconsistência de clados específicos, propondo sinonimização (KAONONGBUA, MORTON e BEVER, 2010; MORTON e MSISKA, 2010;).

A identificação das espécies de micorrizas arbusculares são, tradicionalmente, realizadas por meio da morfologia dos esporos (GASPOROTTO et al., 2010), diferenciando as

espécies por suas paredes, camadas, ornamentação, entre outras características morfológicas (GOTO; MAIA, 2006). Segundo Redecker et al. (2013), os padrões de desenvolvimento dos esporos, atributos moleculares, presença de vesículas e a organização destas estruturas subcelulares são a base para a taxonomia de Glomeromycota.

Gerdemann e Trappe (1974); Goto e Maia (2006), definem que os critérios para a identificação morfológica são: forma, dimensão dos esporos; forma de inserção da hifa no esporo, número, espessura e coloração das camadas da parede do esporo, presença ou ausência de bulbo, assim como placa germinativa (ou escudo germinativo).

A classificação dos FMAs ainda está em andamento e tem passado por diversas modificações durante as últimas três décadas, em virtude do avanço da utilização de técnicas moleculares do estudo filogenético (SAGGIN JÚNIOR; SILVA, 2005). Os avanços nas análises de dados moleculares ajudaram a elucidar muitos fatos a respeito da história evolutiva dos FMAs, principalmente sobre seu posicionamento filogenético (LIMA, 2018).

## **Fatores Ecológicos que Influenciam a Simbiose Micorrízica Arbuscular**

### *Fatores bióticos*

A ocorrência, diversidade e dinâmica de FMAs no ecossistema estão sujeitas a vários fatores abióticos (déficits hídricos e nutricionais ou estresses térmicos) e bióticos (pragas e doenças) (GAI et al., 2015). Referente aos fatores biológicos, Silveira (1992), afirma que a presença de nematoides micófagos e colêmbolas (pequenos artrópodes) diminuem a quantidade de propágulos (esporos e hifas) de fungos micorrízicos, haja vista que esses pequenos artrópodes se alimentam de micélio e esporos.

Segundo Moreira e Siqueira (2006), substâncias tóxicas produzidas por outros microrganismos no solo prejudicam a simbiose micorrízica. Os microrganismos actinomicetos, por exemplo, produzem substâncias voláteis que contribuem para a inibição da germinação de esporos de micorrizas arbusculares.

Outros fatores da planta como: idade, estado nutricional, presença de compostos fungistáticos (compostos químicos para inibição de crescimento fúngico), desfolha, pastejo, poda e aplicação de fitormônios, também influenciam (CAVALCANTE, GOTO; MAIA, 2009). De acordo com Gadkar et al. (2001); Berbara et al. (2006), a cobertura vegetal também é um fator biótico que intervém na simbiose, visto que eles dependem do hospedeiro para a sua própria existência.

Desse modo, o processo de colonização das micorrizas arbusculares na raiz do hospedeiro é influenciada principalmente pelos fatores fisiológicos e genéticos da planta (ALLEN, 2001) e, segundo MELLO et al. (2012), está relacionado a condições ambientais,

como disponibilidade de nutrientes, características físicas, químicas, biológicas e hídricas do solo.

As micorrizas são sistemas biológicos fortemente influenciados pelo ambiente e por inúmeros fatores edáficos que podem interferir diretamente ou indiretamente na formação, funcionamento e ocorrência dessa simbiose (PEREIRA et al., 2012). A planta hospedeira também pode exercer controle na população de FMAs através da liberação de exsudados radiculares (AJEESH et al., 2015).

### *Fatores abióticos*

O solo é um fator crucial no estabelecimento dos FMAs e a sua sobrevivência é maior em solos argilosos do que nos arenosos. A radiação solar e o aumento da temperatura influenciam positivamente a colonização das raízes e a esporulação (AJEESH et al., 2015). Dentre os principais fatores ambientais que afetam a formação e o desenvolvimento das micorrizas arbusculares, as condições de disponibilidade de nutrientes, água e pH do solo, são aspectos extremamente determinantes na simbiose micorrízica arbuscular.

A fertilidade do solo é uma das condições ambientais que influenciam o estabelecimento das micorrizas arbusculares, considerando-se que a simbiose é inibida por níveis elevados de nutrientes, principalmente de fósforo (KOBAE et al., 2016). Contribuindo com isso, Moura (2015), revela que adição de fósforo geralmente reduz a colonização micorrízica ou mesmo consegue inibi-la. Entretanto, isto não é regra, pois também se observa efeito neutro ou negativo.

Estudo de Siqueira (1994), demonstrou que uma planta suprida de fósforo, não depende do fungo para a absorção, estando também suprida de outros nutrientes (nitrogênio, potássio, magnésio, etc.), a presença das FMAs torna-se um investimento energético superfluo, visto que a simbiose utiliza cerca de 10 a 15% da fotossíntese total de carboidratos

Outros nutrientes do solo (por exemplo, nitrogênio), também afetam os FMAs, porém com menor intensidade do que o fósforo. Os esporos e as hifas apresentam alta sensibilidade a alguns micronutrientes (Zinco, Cobre, Manganês e Ferro), resultando em alterações na micorrização ou toxicidade (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Segundo Moreira e Siqueira et al. (2006), os solos que apresentam excesso de umidade não favorecem a micorrização, pois exercem efeito negativo sobre a colonização nas raízes, esporulação e germinação de esporos do fungo, favorecendo o parasitismo nos esporos, inviabilizando-os. Por outro lado, solos muito secos também não favorecem a colonização micorrízica, apesar de muitas espécies de FMAs tolerarem seca e elevadas temperaturas (GERDEMANN, 1974; KHAN, 1974).

Dessa forma, o excesso e a escassez de água no solo são prejudiciais à colonização micorrízica, mas condições mínimas de água necessárias ao desenvolvimento da planta e dos FMAs favorecem a simbiose fungo-planta (AUGÉ, 2004; REDHEAD, 1975).

Solos com acidez elevada exercem interferência no ciclo simbiótico nas etapas de na colonização radicular, na produção e germinação dos esporos, afetando a relação fungo-planta e os benefícios proporcionados pela interação, como a absorção de nutrientes. (BARTOLOME-ESTEBAN; SCHENCK, 1994). No entanto, Smith e Read, denotam que os FMAs exibem uma considerável plasticidade relativa ao fator de pH, tendo em vista que ocorrem em solos com variância de 3 a 10 de pH.

## **Benefícios da Simbiose Micorrízica Arbuscular**

### *Efeitos nutricionais às plantas*

As micorrizas tem uma relação direta com a nutrição mineral das plantas por meio do aumento da área de solo explorada, efetuando absorção de água e nutrientes em maior quantidade, quando comparado com plantas não colonizadas (FERREIRA; STEFFEN, 2017).

Helgason e Fitter (2005); Parniske (2008), reiteram que a planta economiza mais energia para produção de uma unidade de comprimento de hifa se comparado com uma mesma unidade de comprimento de raiz, sendo que o gasto para produção de raiz é cerca de 100 vezes maior. Assim, a planta obtém maior área de absorção de nutrientes, através do micélio extra-radicular do fungo, com um menor custo energético para sua produção.

As plantas micorrízicas apresentam aumento nos teores elevados de certos nutrientes, principalmente dos que não são facilmente percolados, como o fósforo, o zinco, o cobre e o Cálcio, na maioria dos solos tropicais (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Além disso, as hifas produzem e exsudam compostos orgânicos que atuam na solubilização de fosfatos, promovendo a disponibilização de fósforo e de outros nutrientes minerais essenciais para o crescimento das plantas (LIMA; SOUZA, 2014).

Segundo Kasuya et al. (2010), além dos FMAs viabilizarem a absorção de fósforo, também proporcionam a absorção do macronutriente nitrogênio. Corroborando com isso, Gai et al. (2015); Moreira (2011), comprovam que a aquisição de nitrogênio do solo pelas plantas também é uma das vantagens proporcionadas pela associação com FMAs, pois as hifas conseguem absorver nitrogênio nas formas orgânica e inorgânica, transferindo-as para o hospedeiro.

Berbara et al. (2005); Gadkar et al. (2001), evidenciam que os FMAs dependem do hospedeiro para sua própria existência, não há dúvida da importância central da simbiose para fungos micorrízicos. A condição de simbionte obrigatório advém do fato de que, ao longo de sua evolução, esses organismos perderam sua capacidade de fixar carbono, dependendo exclusivamente do hospedeiro autotrófico como fonte de compostos orgânicos.

Em condições naturais, a maioria das espécies de plantas apresentam colonização por FMAs (ARRUDA et al., 2017; LIMA et al., 2007;). No caso das plantas, no entanto, existe uma grande faixa de resposta à simbiose. Espécies vegetais têm sido classificadas quanto à dependência micorrízica em facultativas, obrigatórias ou não-micorrízicas (SMITH; READ, 1997).

O caráter facultativo pode ser observado em condições de solo com alta disponibilidade de nutrientes, em que plantas não necessitam de FMAs. Nessas condições, a simbiose é inibida por mecanismos genéticos controlados pela planta (LAMBAIS; MEHDY, 1998; LAMBAIS et al., 2003). Espécies facultativas, como afirmam Berbara et al. (2005), usualmente se beneficiam da simbiose apenas em situações nas quais a fertilidade é baixa. Elas, em geral, apresentam um sistema radicular bem desenvolvido e alta taxa de crescimento, caso típico de gramíneas.

Mello, Nascimento e Oliveira (2017) em estudo para avaliar o desenvolvimento e dependência micorrízica de jatobá demonstraram que, após 60 dias de germinação, podem ser classificadas como dependentes marginais ou facultativas, pois o grau de micotrofismo observado ficou no intervalo de 0 a 25% (MOMEIRA; SIQUEIRA, 2006).

Outras espécies vegetais obrigatoriamente desenvolvem a simbiose para completar seu ciclo de vida (JOHANSON et al., 1997). Júnior, Pereira e Groos (2018), em pesquisa para elucidar a dependência micorrízica e a produção de glomalina por FMAs associadas com graviola, evidenciaram que a dependência micorrízica é obrigatória, ou seja, é dependente da simbiose, indiferente do nível de fertilidade do solo, principalmente os nutrientes com mobilidade reduzida.

Plantas não associadas exibem sistema radicular com raízes finas e bastante pêlos radiculares. Apesar disso, são plantas ruderais que se desenvolvem em solos com altos teores de nutrientes disponíveis (ALLEN et al., 2003). A colonização nessas plantas é inibida devido à incompatibilidade genética, que impede o fungo de ultrapassar as primeiras camadas radiculares (ALLEN et al., 2003; BERBARA et al., 2005).

Kiriachek et al. (2009), em levantamento da literatura referente a regulação do desenvolvimento de micorrizas arbusculares, revelou que tanto os fitormônios, importantes na comunicação entre plantas e microrganismos, quanto os sistemas de defesas de determi-

nadas espécies de vegetais, podem funcionar como reguladores ou inibidores da simbiose entre planta e fungo.

### *Efeitos não nutricionais às plantas*

Depois dos benefícios nutricionais, o favorecimento da relação água-planta, aumento da resistência das plantas à seca, são efeitos não nutricionais extremamente relevantes, atribuídos ao maior volume de solo explorado pelas hifas (MIRANDA, 2008; SMITH e READ, 2010).

Além disso, segundo Moreira e Siqueira (2006), as micorrizas arbusculares reduzem estresses abióticos que podem acarretar às plantas, tais como, o efeito tóxico da presença no ambiente de metais pesados, acidez elevada, produtos químicos fitotóxicos e auxiliam com agregação e estruturação do solo.

Os FMAs contribuem também para a conservação do solo, já que auxiliam na formação dos agregados por meio da liberação de glomalina, contido ou liberado pelas hifas, polissacarídeos extracelulares e glicoproteínas com cerca de 60% de carboidratos (PURIN; KLAUBERG FILHO, 2010). Smith e Read (2010), descrevem que hifas formam uma rede biológica que entrelaça e mantém juntas as partículas do solo, melhorando a agregação e estabilidade dos agregados.

De acordo com Veresoglou e Rilling (2012), somado ao fato dos FMAs favorecerem às plantas em aspectos não nutricionais, também contribuem na proteção das plantas contra a suscetibilidade de parasitismo outras espécies de fungos, atuando como controladores biológicos. Os FMAs também amenizam os efeitos ou danos causados pelos nematóides, fungos patogênicos do sistema radicular e algumas pragas, elevada acidez e metais pesados, estresse osmótico e produtos químicos fitotóxicos (SMITH; READ, 2010).

### **Produção da Molécula de Glomalina e a Importância Ambiental**

A glomalina foi inicialmente identificada como uma glicoproteína, formada por 60% de carboidratos que se ligam à porção proteica por ligações glicosídicas do tipo que contém nitrogênio, apresentando aminoácidos alifáticos e aromáticos na cadeia peptídica (RILLING; STEINBERG, 2002). Foi demonstrado também, que a molécula contém ferro fortemente ligado (0,04-8,8%), que provavelmente é o cromóforo transmissor da cor vermelho amarronzada dos extratos (NICHOLS; WRIGHT, 2006; WRIGHT et al., 2007).

A glomalina é uma substância exclusiva das micorrizas arbusculares, descoberta em 1996, quando pesquisadores observaram a existência de uma substância pegajosa sobre



as hifas externas das micorrizas arbusculares, assim como nas partículas de solo e raízes colonizadas pelos FMAs (WRIGHT et al., 1996).

Wrighty (2005), aponta que a produção da molécula de glomalina pelas micorrizas arbusculares ocorre abundantemente, principalmente durante a colonização na raiz com a finalidade de proteger e garantir o melhor funcionamento da simbiose, pois essa molécula atua na prevenção de dissecação das hifas.

A produção de micélio externo está positivamente relacionada com a concentração de glomalina no solo, sendo as hifas externas, esporos e raízes colonizadas responsáveis pela síntese dessa glicoproteína (WRIGHT et al., 1996; TRESEDER et al., 2004). Segundo Morton e Benny (1990), essa substância identificada como glicoproteína recebeu o nome de glomalina referenciando a ordem taxonômica das Glomales, a qual pertencem às micorrizas arbusculares.

Segundo Rilling et al. (2002), essa glicoproteína está diretamente relacionada à agregação de partículas no solo e, sugere-se que tem importante participação no sequestro de Carbono, beneficiando a fertilização do solo devido à sua característica de adesão, de modo a agregar as partículas, possibilitando a penetração de água, oxigênio e raízes. Contribuindo com isso, Wright (2005), demonstra que essa molécula retém cerca de 27% do carbono total da matéria orgânica.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os microrganismos são seres vivos essenciais, não apenas para a qualidade do solo, mas também para a sanidade das espécies vegetais do ambiente. Dentre a vasta biodiversidade desses organismos presentes na microbiota do solo, os fungos micorrízicos arbusculares revelam serem cruciais para a manutenção e estabelecimento, tanto de ecossistemas naturais como de agroecossistemas. Os estudos iniciados pelo botânico Albert Bernard Frank no século XIX, considerado atualmente como o pai da Micorrizologia, foram fundamentais para os conhecimentos atuais sobre as micorrizas arbusculares.

Desse modo, as pesquisas desenvolvidas por mais de dois séculos proporcionaram descobertas referentes aos aspectos biológicos das micorrizas arbusculares, tais como os benefícios nutricionais e não nutricionais às plantas, o processo pelo qual ocorre a simbiose entre fungo e planta, as condições bióticas e abióticas que os afetam, dentre outros fatores. Atualmente, por meio dessas descobertas, desenvolveram-se metodologias que buscam o favorecimento e melhoramento do manejo e aplicação desses microrganismos simbiotes em áreas importantes, das quais se destacam a biorremediação, agricultura, silvicultura, dentre outras.

## REFERÊNCIAS

- AJEESH, R.; KUMAR, V.; SANTOSHKUMAR, A. V.; SURENDRA, G. K. Harnessing Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) for Quality Seedling Production. **Research Journal of Agriculture and Forestry Sciences**, v. 3, N.º 6, pp. 22-40, 2015.
- ALLEN, E. B.; ALLEN, M. F.; EGERTON-WARBURTON, L.; CORKIDI, L.; GÓMEZ-POMPA, A. Impacts of early- and late-seral mycorrhizae during restoration in seasonal tropical forest, Mexico. **Ecol. Appl.**, v.13, n.º 6, pp.1701-1717, 2003.
- ALLEN, M. F. Modeling arbuscular mycorrhizal infection: is% infection an appropriate variable? **Mycorrhizal**, v. 10, n.º 5, pp. 255-258, 2001.
- ARRUDA, J. A.; ESTRELA, J. W. M.; FREIRE, J. L. O.; SANTOS, S. J. A. Fósforo remanescente em solos do Seridó paraibano. **Revista Principia**, v. 1, pp. 42-49, 2017.
- AUGÉ, R. M. Arbuscular mycorrhizae, and soil/plant water relations. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 84, n.º 4, pp. 373-381, 2004.
- BARTOLOME-ESTEBAN, H.; SCHENCK, N. C. Spore germination and hyphal growth of arbuscular mycorrhizal fungi in relation to soil aluminum saturation. **Mycologia**, v. 86, n.º 2, pp. 217-226, 1994.
- BERBARA, R. L. L.; SOUZA, F. A.; FONSECA, H. M. A. C. Fungos micorrízicos arbusculares: muito além da nutrição. **Nutrição mineral de plantas**, v. 432, pp. 54-79, 2006.
- BIERMANN, B.; LINDERMAN, R. G. Use of vesicular-arbuscular mycorrhizal roots, intraradical vesicles and extraradical vesicles as inoculum. **New Phytologist**, v. 95, n.º 1, pp. 97-105, 1983.
- BŁASZKOWSKI, J.; KOSTOWSKA, A.; NIEZGODA, P.; GOTO, B. Y.; DAPÉ, Y. A new genus, Oehlia with Oehlia diaphana comb. nov. and an emended description of Rhizoglosum vesiculiferum comb. nov. in the Glomeromycotina. **Nova Hedwigia**, v. 107, n.º 3-4, pp. 501-518, 2018.
- BONFANTE-FASOLO, P. Anatomy, and morphology of VA mycorrhizae. In: POWELL, C. L. I.; BAGYARAJ, D. J. **VA mycorrhiza**. London: CRC Press, 2018, chapter 1, pp. 5-33.
- CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do solo**. 2 ed. Piracicaba/SP: ESALQ, 2016.
- CARVALHO, F.; SOUZA, F. A.; CARRENHO R.; MOREIRA, F. M. S.; JESUS, E. D.; FERNANDES, G. W. The mosaic of habitats in the high-altitude Brazilian rupestrian fields is a hotspot for arbuscular mycorrhizal fungi. **Applied Soil Ecology**, v. 52, pp. 9-19, 2012.
- CARRENHO, R.; GOMES-DA-COSTA, S. M.; BALOTA, E. L.; COLOZI FILHO, A. Fungos micorrízicos arbusculares em agrossistemas brasileiros. In: SIQUEIRA, J. O.; SOUZA, F. A.; ELKE, J. B. N.; TSAI, S. M. (Ed.). **Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil**. Lavras: UFLA, 2010, cap.6, pp. 154-214, 2010.
- CAVALCANTE, U. M. T.; GOTO, B. T.; MAIA, L. C. Aspectos da simbiose micorrízica arbuscular. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, v. 5, pp. 180-208, 2008.
- CHAUHAN, P. S.; CHAUDHRY, V.; MISHRA, S.; NAUTIYAL, C. S. Uncultured bacterial diversity in tropical maize (*Zea mays* L.). **Journal Basib Microbiology**, v. 51, n.º 1, pp. 15-32, 2011.
- DALANHOL, S. J.; NOGUEIRA, A. C.; GAIAD, S.; KRATZ, D. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares e da adubação no crescimento de mudas de Eugenia uniflora L., produzidas em diferentes substratos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n.º 1, pp. 117-128, 2016.

- DOTZLER, N.; WALKER, C.; KRINGS, M.; HASS, H.; KERP, H.; TAYLOR, T. N.; AGERER, R. Acaulosporoid glomeromycotan spores with a germination shield from the 400-million-year-old Rhynie chert. **Mycological Progress**, v. 8, n.º 1, pp. 9-18, 2009.
- DRIVER, J. D.; HOLBEN, W. E.; RILLIG, M. C. Caracterização do glomalina como componente da parede hifa de fungos micorrízicos arbusculares. **Biologia do Solo e Bioquímica**, v. 37, n.º 1, pp. 101-106, 2005.
- FERREIRA, P. A. A.; STEFFEN, R. B. Micorrizas aumentam o aproveitamento do fosfato. **Revista Campo e Negócio**, 2015. Disponível em: Micorrizas aumentam o aproveitamento do fósforo | Revista Campo & Negócios (revistacampoenegocios.com.br). Acesso em 20 outo. 2021.
- FOLLI-PEREIRA, M. S.; MEIRA-HADDAD, L. S.; BAZZOLLI, D. M. S.; KASUYA, M. C. M. Micorriza arbuscular e a tolerância das plantas ao estresse. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n.º 6, pp. 1663-1679, 2012.
- GADKAR, V.; DAVID-SCHWART, R.; KUNIK, T.; KAPULNIK, Y. Arbuscular Mycorrhizal Fungal Colonization. Factors Involved in Host Recognition. *Plant Physiology*, v. 127, n.º 4, pp. 1493-1499, 2001.
- GALVÃO, T. F.; PEREIRA, M. G. Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 23, pp. 183-184, 2014.
- GALVÃO, Maria Cristiane Barbosa; RICARTE, Ivan Luiz Marques. Revisão sistemática da literatura: conceituação, produção e publicação. **Logeion: Filosofia da informação**, v. 6, n. 1, p. 57-73, 2019.
- GAI, J.; GAO, W.; LIU, L.; CHEN, Q.; FENG, G.; ZHANG, J.; CHRISTIE, P.; LI, X. Infectivity, and community composition of arbuscular mycorrhizal fungi from different soil depths in intensively managed agricultural ecosystems. **Journal of Soils and Sediments**, v. 15, n.º 5, pp. 1200-1211, 2015.
- GASPAROTTO, F. A.; NAVARRETE, A. A.; SOUZA, F. A. Técnicas moleculares aplicadas em estudos com micorrizas. In: SIQUEIRA, J. O.; SOUZA, F. A.; ELKE, J. B. N.; TSAI, S. M. (Ed.). **Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil**. Lavras: UFLA, 2010, cap. 19, pp. 551-582.
- GERDEMANN, J. W. Mycorrhizae. In: CARSON, E. W. **The plant root and its environment**. Charlottesville: University Press of Virginia, 1974, pp. 205-217.
- GOTO, B. T.; MAIA, L. C. Glomerosporos: a new domination for the spores of Glomeromycota, a group molecularly distinct from the Zygomycota. **Mycotaxon**, n.º 96, pp. 129-132, 2006.
- GOTO, B. T.; JOBIM, K. **Diversidade de Glomeromycota**. Laboratório de Biologia de Micorrizas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Disponível em: <<http://glomeromycota.wixsite.com/lbmicorrizas/cpia>>. Acesso em: 15 mai. 2021.
- Glomeromycota**. c2021. Laboratório de Biologia de Micorrizas Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Disponível em: <<https://glomeromycota.wixsite.com/lbmicorrizas>>. Acesso em: 15 mai. 2021.
- HELGASON, T.; FITTER, A. A ecologia e evolução dos fungos micorrízicos arbusculares. **Micologista**, v. 19, n.º 3, pp. 96-101, 2005.
- INVAM. International Culture Collection of Arbuscular and Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi. Disponível em: <<http://invam.wvu.edu/>>. Acesso em: 19 mai. 2021.
- JOHNSON, N. C.; GRAHAM, J. - H.; SMITH, F. A. Funcionamento de associações micorrízicas ao longo do continuum mutualismo-parasitismo. **Novo fitologista**, v. 135, n.º 4, pp. 575-585, 1997.
- JOHRI, A. K.; OELMÜLLER, R.; DUA, M.; YADAV, V.; KUMAR, M.; TUTEJA, N.; VARMA, A.; BONFANTE, P.; PERSSON, B. L.; STROUD, R. M. Fungal association, and phosphate utilization by plants: success, limitations, and future perspectives. **Frontiers in Microbiology**, v. 6, pp. 984, 2015.

- GOMES JÚNIOR, G. A.; PEREIRA, R. A.; GROSS, E. Dependência micorrizica e produção de glomalina por fungos micorrizicos arbusculares inoculados em gravioleira adubada com composto orgânico da casca de cacau. **Revista Ciência Agrícola**, v. 16, n.º 3, pp. 21-25, 2018.
- KAONONGBUA, W.; MORTON, J. B.; BEVER, J. D. Taxonomic revision transferring species in *Ku-klospora* to *Acaulospora* (Glomeromycota) and a description of *Acaulospora colliculosa* sp. nov. from field collected spores. **Mycologia**, v. 102, pp. 1497-1509, 2010.
- KASUYA, M. C. M.; COSTA, M. D.; ARAÚJO, E. F.; BORGES, A. C.; MENDONÇA, M. M. Ectomicorrizas no Brasil: biologia e nutrição de plantas. In: SIQUEIRA, J. O.; DE SOUZA, F. A.; ELKE, J. B. N.º; TSAI, S. M. (Ed.). **Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil**. Lavras: UFLA, 2010, cap. 21, p. 615-645.
- KHAN, A. G. Ocorrência de micorrizas em halófitas, hidrófitas e xerófitas e esporos de endogona em solos adjacentes. **Microbiology**, v. 81, n.º 1, pp. 7-14, 1974
- KIRIACHEK, S. G.; AZEVEDO, L. C. B.; PERES, L. E. P.; LAMBAIS, M. R. Regulation of arbuscular mycorrhizae development. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n.º 1, pp. 1-16, 2009.
- KLIRONOMOS, J. N.; MCCUNE, J.; HART, M.; NEVILLE, J. The influence of arbuscular mycorrhizae on the relationship between plant diversity and productivity. **Ecology letters**, v. 3, n.º 2, Pp. 137-141, 2000.
- KOBAE, Y.; OHMORI, Y.; SAITO, C.; YANO, K.; OHTOMO, R.; FUJIWARA, T. Phosphate treatment strongly inhibits new arbuscule development but not the maintenance of arbuscule in mycorrhizal rice roots. **Plant Physiology**, v. 171, n.º 1, pp. 566-579, 2016.
- LAMBAIS, M. R.; MEHDY, M. C. Spatial distribution of chitinases and beta-1,3-glucanase transcripts in bean arbuscular mycorrhizal roots under low and high soil phosphate conditions. **New Phytol.**, n. 140, pp.33-42, 1998.
- LAMBAIS, M. R.; RIOS-RUIZ, W. F.; ANDRADE, R. M. Antioxidant responses in bean (*Phaseolus vulgaris*) roots colonized by arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytol.**, n.º 160, pp.421-428, 2003.
- LIMA, F. S.; SOUSA, C. S. Crescimento e nutrição de mudas de clones de eucalipto inoculadas com fungos micorrízicos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n.º 2, pp. 110-118, 2014.
- LIMA, R. L. F. A.; SALCEDO, I. H.; FRAGA, V. S. Propágulos de fungos micorrízicos arbusculares em solos deficientes em fósforo sob diferentes usos, da região semiárida no nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31, pp.257-268, 2007.
- LIMA, R. A. A. **Fungos micorrízicos arbusculares em áreas costeiras no Estado do Rio Grande do Norte, Brasil**. 2018. Tese (Doutorado em Sistemática e Evolução) – Universidade do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.
- MAIA, L. C.; SILVA, G. S.; YANO-MELO, A. M.; GOTO, B. T. Fungos micorrízicos arbusculares no bioma Caatinga. In: SIQUEIRA, J. O.; SOUZA, F. A.; CARDOSO, J. B. N.; TSAI, S. M. **Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil**, Lavras: UFLA, 2010, cap. 10, pp. 311-339.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of Higher plants**. London: Academic Press Inc., 1986.
- MELLO, A. H.; SILVA, E. M. R.; SAGGIN JÚNIOR, O. J. Seleção de fungos micorrízicos arbusculares eficientes para promoção do crescimento da leguminosa *Mimosa artemisiana* Heringer & Paula. **Agroecossistemas**, v. 4, n.º 2, pp. 40-51, 2012.
- MELLO, A. H.; ANTONIOLLI, Z. I.; KAMINSKI, J.; SOUZA, E. L.; OLIVEIRA, V. L. Fungos arbusculares e ectomicorrízicos em áreas de eucalipto e de campo nativo em solo arenosa. **Ciência Florestal**, v. 16, n.º 3, pp. 293-301, 2006.

- MELLO, A.; NASCIMENTO, S.; OLIVEIRA, G. Avaliação do desenvolvimento e dependência micorrízica do jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). **Enciclopédia Biosfera**, v. 14, n.º 25, pp. 244-257, 2017.
- MOHAN, J. E.; COWDEN, C. C.; BAAS, P.; DAWADI, A.; FRANKSON, P. T.; HELMICK, K.; HUGHES, E.; KHAN, S.; LANG, A.; MACHMULLER, M.; TAULOR, M.; WITT, A. Mycorrhizal fungi mediation of terrestrial ecosystem responses to global change: mini review. **Fungal Ecology**, v. 10, pp. 3-19, 2014.
- MOREIRA, B. C. **Fungos micorrízicos arbusculares em rizosfera de pinhão-manso**. 2011. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.
- MOREIRA, F. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. atual. e ampl. Lavras: UFLA, 2006.
- MORTON, J. B.; BENNY, G. L. Classificação revisada de fungos micorrízicos arbusculares (Zygomycetes): uma nova ordem, Glomales, dois novos subordinados, Glomineae e Gigasporineae, e duas novas famílias, Acaulosporaceae e Gigasporaceae, com uma emenda de Glomaceae. **Mycotaxon**, v. 37, pp. 471-491, 1990.
- MORTON, J. B.; MSISKA, Z. Phylogenies from genetic and morphological characters do not support a revision of Gigasporaceae (Glomeromycota) into four families and five genera. **Mycorrhiza**, v. 20, pp. 483-496, 2010.
- MOURA, J. B. **Diversidade e colonização micorrízica em diferentes usos do solo no Cerrado**. 2015.
- NICHOLS, K. A.; WRIGHT, S. F. Carbono e nitrogênio em poços de matéria orgânica do solo definidos operacionalmente. **Biologia e Fertilidade dos Solos**, v. 43, n.º 2, p. 215-220, 2006.
- PARNISKE, M. Micorriza arbuscular: a mãe das endossimbioses das raízes das plantas. **Nature Reviews Microbiology**, v. 6, n.º 10, pp. 763-775, 2008.
- PURIN, S.; KLAUBERG FILHO, O. Glomalina: nova abordagem para entendermos a biologia dos fungos micorrízicos arbusculares. In: SIQUEIRA, J. O.; DE SOUZA, F. A.; ELKE, J. B. N.; TSAI, S. M.(Ed.). **Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil**. Lavras: UFLA, 2010, cap. 17, pp. 503-524.
- QUEREJETA, J.; EGERTON-WARBURTON, L. M.; ALLEN, M. F. Topographic position modulates the mycorrhizal response of oak trees to interannual rainfall variability. **Ecology**, v. 90, n.º 3, pp. 649-662, 2009.
- REDECKER, D.; KODNER, R.; GRAHAM, L. E. Fungos glomaleanos do Ordoviciano. **Ciência**, v. 289, n.º 5486, pp. 1920-1921, 2000.
- REDECKER, D. et al. Um consenso baseado em evidências para a classificação de fungos micorrízicos arbusculares (Glomeromycota). **Micorriza**, v. 23, n.º 7, pp. 515-531, 2013.
- REDHEAD, J. F. Endotrophic mycorrhizas in Nigeria: some aspects of the ecology of the endotrophic mycorrhizas association of *Khaya grandifolia* C.D.D. In: SANDERS, F. E.; MOSSE, B.; TINKER, P. B. **Endomycorrhizas**. London: Academic Press, 1975, pp. 447-459.
- RILLIG, M. C.; STEINBERG, P. D. Produção de glomalina por fungo micorrízico arbuscular: um mecanismo de modificação de habitat? **Biologia do Solo e Bioquímica**, v. 34, n.º 9, pp. 1371-1374, 2002.
- RILLIG, M. C.; WRIGHT, S. F.; EVINER, V. T. O papel dos fungos micorrízicos arbusculares e glomalina na agregação do solo: comparando efeitos de cinco espécies de plantas. **Planta e Solo**, v. 238, n.º 2, pp. 325-333, 2002.

- SAGGIN-JÚNIOR, O. J.; SILVA, E. M. R. Micorriza arbuscular – papel, funcionamento e aplicação da simbiose. In AQUINO, A. M; ASSIS, R. L. (Ed.). **Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia; Brasília, DF: Embrapa informação tecnológica 2005. pp.101-149.
- SILVA, C. F.; PEREIRA, M. G.; SAMTOS, V. L.; SILVA, E. M. R. Fungos micorrízicos arbusculares: composição, comprimento de micélio extrarradicular e glomalina em áreas de Mata Atlântica, Rio de Janeiro. **Ciência Florestal**, v. 26, n.º 2, p. 419-430, 2016.
- SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. **Biotecnologia do solo; fundamentos e perspectivas**. Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior, Brasília, DF, 1988.
- SIQUEIRA, J. O. Micorrizas Arbusculares. In: ARAÚJO, R.S.; HUNGRIA, M. **Microrganismos de importância agrícola**. Brasília-DF: EMBRAPA, 1994.
- SIQUEIRA, J. O. SOUZA, F. A.; ELKE, J. N. B.; TSAI, S. M. . **Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil**. Lavras: UFLA. 2010.
- SMITH S. E.; READ, D. Simbiose micorrízica. **Simbiose micorrízica**. 2nd edition. London: Academic Press, 1997.
- SMITH, S. E.; READ, D. **Mycorrhizal Symbiosis**. 3. ed. New Yor: Academic Press, 2008.
- SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal symbiosis**. New York: Academic Press, 2010.
- SOUZA, F. A.; SILVA, I. C. L; BERBARA, R. L. L. Fungos micorrízicos arbusculares: muito mais diversos do que se imaginava. **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras: UFLA, pp. 483-536, 2008.
- SOUZA, F. A.; GOMES, E. A.; VASCONCELOS, M. J. V.; SOUSA, S. M. Micorrizas arbusculares: perspectivas para aumento da eficiência de aquisição de fósforo (P) em Poaceae-gramíneas. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2011. Documentos Disponível em: doc134.pdf (embrapa.br). Acesso em: 20 outo. 2021.
- SOUZA, V. C.; SILVA, R. A.; CARDOSO, G. D.; BARRETO, A. F. Estudos sobre fungos micorrízicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n.º 3, pp. 612-618, 2006.
- SPATAFORA, J. W. et al. E. Classificação filogenética no nível do filo de fungos zigomicetos com base em dados em escala de genoma. **Mycologia**, v. 108, n.º 5, pp. 1028-1046, 2016.
- STÜRMER, S. L.; SIQUEIRA, J. O. Fungos micorrízicos. In: MOREIRA, F. M. S.; CARES. J. E.; ZANETTI, R.; STUMER, S. L. (Ed.). **O ecossistema solo. Componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal**. Lavras: Editora UFLA, 2013, cap. 15, pp. 289-310.
- SYMANCZIK, S.; AL-YAHYA'EI, M.; KOZTWSKA, A.; RYSZKA, P.; BTASZKOWSKI, J. Um novo gênero, *Desertispora*, e uma nova espécie, *Diversispora sabulosa*, na família Diversisporaceae (ordem Diversisporales, subfilo Glomeromycotina). **Progresso micológico**, v. 17, n.º 4, pp. 437-449, 2018.
- TEDERSOO L.; SÁNCHEZ-RAMÍREZ, S.; KÖLJALG, U.; BAHRAM, M.; DÖRING, M; SCHIGEL, D.; MAY, T.; RYBERG, M.; ABARENKONV. High-level Classification of fungi and a tool for evolutionary ecology and chemical analyzes. **Fungal Divers**, n.º 90. pp.135–159, 2018.
- TRESEDER, K. K.; MACK, M. C.; CROSS, A. Relações entre incêndios, fungos e dinâmica do solo em florestas boreais do Alasca. **Aplicações Ecológicas**, v. 14, n.º 6, pp. 1826-1838, 2004.
- TRESEDER, K. K.; CROSS, A. Distribuições globais de fungos micorrízicos arbusculares. **Ecossistemas**, v. 9, n.º 2, pp. 305-316, 2006.

VAN DER HEIJDEN, M. G. A.; KLIRONOMOS, J. N.; URSIC, M.; MOUTOGLIS, PO.; STREITWOLF-ENGEL, R.; BOLLER, T.; WIEMKEN, A.; SANDERS, I. et al. A diversidade de fungos micorrízicos determina a biodiversidade das plantas, a variabilidade do ecossistema e a produtividade. **Nature**, v. 396, n.º 6706, pp. 69-72, 1998.

VERESOGLOU, S. D.; RILLIG, M. C. Supressão de patógenos de plantas fúngicas e nematoides através de fungos micorrízicos arbusculares. **Cartas de Biologia**, v. 8, n.º 2, pp. 214-217, 2012.

WRIGHT, S. F.; FRANKE-SNYDER, M.; NORTON, J. B.; UPADHYAYA, A. Time-course study and partial characterization of a protein on hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi during active colonization of roots. **Plant and Soil**, v. 181, n.º 2, pp. 193-203, 1996.

WRIGHT, S. et al. Glomalin - a manageable soil glue. **Soil Science Society of America**, 2001. Disponível em: Publication : USDA ARS. Acesso em 20 nov. 2021.

WRIGHT, S. F.; VERDE, V. S.; CAVIGELLI, M. A. Glomalina em classes de tamanho agregado de três sistemas agrícolas diferentes. **Pesquisa de solo e lavoura**, v. 94, n.º 2, pp. 546-549, 2007.

# CLIMATOLOGIA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL SOBRE A MESORREGIÃO DO MARAJÓ-PA

**EDMIR DOS SANTOS JESUS**

**NILZELE DE VILHENA GOMES JESUS**

**ANTÔNIO PEREIRA JÚNIOR**

**ALTEM NASCIMENTO PONTES**

### INTRODUÇÃO

Atualmente tem sido falado sobre mudanças climáticas e as suas consequências, as quais seriam altamente danosas à humanidade. Os relatórios publicados pelo do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), mostraram que os regimes pluviométricos de várias áreas do planeta estão sendo modificados, com indícios de aumento dos eventos extremos, tanto de secas quanto de excesso de chuvas. Para o setor nordeste da América do Sul é esperado que haja o aumento tanto da intensidade, quanto da frequência de precipitações extremas e de inundações pluviais, assim como também é esperado um aumento na duração dos períodos de seca (IPCC, 2021). Alguns pesquisadores afirmam que o Brasil é vulnerável às mudanças climáticas atuais e mais ainda às que se projetam para o futuro, especialmente quanto aos extremos climáti-

cos. Estudos de Marengo (2007) e Ambrizzi et al. (2007) mostraram que as áreas mais vulneráveis a esses eventos compreendem a Amazônia e o Nordeste do Brasil.

Na região amazônica, em especial, região mais ao norte do Estado do Pará, precisamente no arquipélago do Marajó, há pouca informação sobre dados das principais variáveis meteorológicas, tais como, temperatura e umidade do ar, velocidade e direção do vento, e precipitação sobre a mesorregião paraense. São poucas as estações hidrometeorológicas que mantem o registro de chuvas em alguns municípios pertencentes a ilha de Marajó. Numa tentativa de obtenção de dados estimados por satélite, opta-se por registros em plataformas disponibilizadas na web de principais órgãos nacional e internacional. Os mesmos são apresentados em pontos de grade e muito tem sido utilizado pelas instituições acadêmicas e unidades operacionais de monitoramento das condições de tempo e clima. Eventos hidrometeorológicos, como as chuvas de grande proporção causam importantes impactos principalmente aos núcleos de ocupação populacional nas margens dos seus inúmeros rios, que impossibilitam o cul-



tivo de plantações, e deslocamento de saída e o acesso às comunidades para a obtenção de mantimentos e de receber ajuda.

As regiões agrícolas da Amazônia apresentam maior vulnerabilidade ou baixa capacidade de se defenderem dos impactos das mudanças climáticas. Na região do Marajó esta vulnerabilidade climática na agricultura ganha maior destaque, uma vez que a região apresenta dependência econômica da atividade agrícola para o seu desenvolvimento. Vale ressaltar que, durante algum tempo a principal atividade econômica da Região Marajoara foi a pecuária extensiva em seus campos naturais, principalmente de bubalinos. Entretanto, esta atividade encontra-se em declínio face, dentre outros fatores, a carência de modernização e introdução de novas tecnologias na sua exploração (DOE, 2015, p. 490).

### **Característica Climática da região de estudo**

A região do Marajó, no estado do Pará, apresenta um dos maiores volumes pluviométricos do Brasil, com acumulados de chuva anual em torno de 3.000 mm (INMET, 2021). Os acumulados tendem a decrescer de nordeste para sudoeste, decorrente da maneira como se originam os sistemas de circulação ao penetrarem a região (FIGUEROA e NOBRE, 1990; FISCH et al.; 1998; GRIMM, 2011).

Segundo Marengo et al. (2001) a maior parte desta precipitação anual ocorre entre as estações de verão e de outono, tipicamente de dezembro a maio, em associação aos padrões de circulação atmosférica quase-estacionários de grande escala associados principalmente à Zona de Convergência Intertropical - ZCIT (SOUZA; ROCHA, 2006).

Assim sendo, os grandes sistemas meteorológicos que provocam chuvas no Marajó são: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), Linhas de Instabilidade, convecção local, brisa marítima. Além dos padrões oceano-atmosfera de grande escala que são os ciclos do El Niño Oscilação Sul (ENOS) sobre o Oceano Pacífico e as fases do gradiente meridional inter-hemisférico de anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM) sobre o Oceano Atlântico intertropical (NOBRE e SHUKLA, 1996; SOUZA et al., 2000) e que têm uma variabilidade interanual e sazonal.

### **Descrição dos sistemas meteorológicos que atingem a região de estudo**

#### **a ) Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)**

É um dos sistemas de grande escala mais importante dos tópicos, sendo parte integrante da circulação geral da atmosfera. Ela é caracterizada por uma faixa de nebulosidade latitudinal sobre os oceanos equatoriais, onde os ventos alísios de ambos os hemisférios se encontram (UVO, 1998). Nessas regiões existem movimentos de ar ascendentes, formação de uma banda de nuvens e conseqüentemente, liberação de calor latente para a atmosfera.

A ZCIT dinamicamente é uma região de baixa pressão, tendo convergência de escoamento em baixos níveis e divergência em altos níveis, sendo a fonte principal de precipitação nos trópicos (chuvas fortes) e possui uma variação anual devido a variações na circulação atmosférica e na TSM, posicionando-se mais ao norte em julho e outubro, com posição mais ao norte em torno de 14°N. Sua posição mais ao sul ocorre nos meses de janeiro a abril podendo alcançar até a latitude de 6°S (MELO et al., 2000).

#### b ) Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN)

É definido como um sistema de baixa pressão de escala sinótica formado na alta troposfera, com circulação ciclônica fechada (Kousky e Gan, 1981). Tem como características: um centro relativamente frio, com convergência de massa, movimentos verticais subsidentes no seu centro e ascendente na periferia, e nebulosidade mais intensa principalmente na direção de seu deslocamento o qual pode ser tanto para leste quanto para oeste. Em períodos que o vórtice não está configurado esse sistema é denominado de cavado do nordeste (CN) O VCAN ou CN apresentam subsidência de ar frio e seco no centro, inibindo assim a formação de nuvens, porém, nas regiões periféricas ocorrem intensos movimentos convectivos, transformando energia potencial em energia cinética (GAN, 1981).

Esses sistemas meteorológicos são observados nas estações de primavera, verão e outono, com máxima frequência no mês de janeiro, já nos meses de inverno esse sistema é pouco comum (RAMÍREZ; KAYANO; FERREIRA, 1999). A borda do VCAN ou do CN por vezes, se localiza sobre o norte do Pará, resultando no aumento da nebulosidade convectiva, e conseqüentemente pode provocar chuvas no norte do estado (GAN; KOUSKY, 1986; LOPES; SOUZA; FERREIRA, 2013).

#### c ) Linhas de Instabilidade - LI's

São bandas de nebulosidades convectivas que se formam e se propagam continente adentro. Essas bandas não são necessariamente contínuas. Uma LI tropical típica é uma linha de cumulonimbus que se forma ao longo da banda de uma ampla área de movimento descendente. Elas são os principais fenômenos causadores de chuvas na bacia Amazônica. E segundo Cohen (1996) dentre os sistemas de mesoescala atuantes, as LI são responsáveis por aproximadamente 45% do total de chuvas no período chuvoso. As LI's se formam ao longo da costa norte-nordeste da América do Sul, desde a Guiana, passando pelo Marajó, até o estado do Maranhão. E conforme Cohen (1995) elas são classificadas em função do seu deslocamento horizontal para o interior da Amazônia, desse modo, tem-se a Linha de Instabilidade Costeira (LIC) e Linha de Instabilidade com Propagação (LIP), sendo que essa última é dividida em LIP1 e LIP2. Tanto as linhas de cumulonimbus que se propagam como as que não se propagam estão associadas à circulação de brisa marítima junto à costa.

As linhas de instabilidade têm a capacidade de modificar o ambiente por onde passam, segundo Alcântara et al. (2011), a qual utilizou um conjunto de nove anos de dados. Além disso, identificou como o período da tarde o horário predominante dessas linhas.

### c ) Convecção Diurna (Convecção Atmosférica):

Segundo Williams et al. (2002) o ambiente convectivo na Amazônia é bastante complexo e heterogêneo, e não está categorizado como representativo de nenhum regime convectivo clássico. O fenômeno da convecção atmosférica domina as condições de tempo e clima desta região. A convecção rasa (não precipitante) e a convecção profunda (precipitante) estão entre os principais componentes do balanço de energia local. Além disso, a convecção precipitante é essencial no ramo atmosférico do ciclo hidrológico, influencia a dinâmica tropical de grande escala e exerce um papel fundamental no balanço de energia da circulação geral do planeta. Johnson (1970) observou a presença de grande número de aglomerados de nuvens que se formavam e se dissipavam diariamente. O desenvolvimento das células convectivas normalmente começa durante as horas da manhã, caso não haja forçante de escala maior. Estas células sofrem um processo de seleção através do qual, algumas crescem formando aglomerados ou linhas, enquanto as menores são dissipadas.

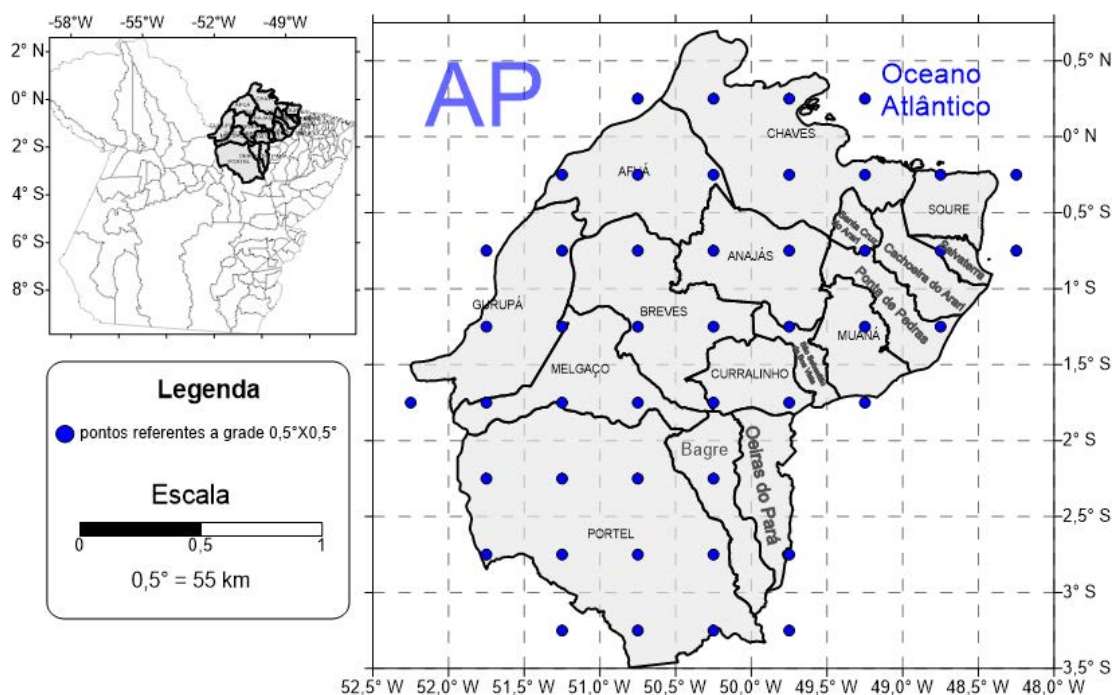
Os movimentos ascendentes e descendentes no interior dessas células convectivas individuais são da ordem de 1 km ou menos (BYERS; BRAHAM, 1949; LEMONE; ZIPSER, 1980) e a subsidência, que os compensam, cobre distâncias muito maiores [de 10 km até muito mais de 100 km, dependendo do raio de deformação (BRETHERTON, 1993; MAPES, 1998)]. Fazendo uma breve análise na região Amazônica, estudos têm mostrado que ela tem sido bastante afetada por esses eventos, tanto de seca quanto de excesso de chuvas, durante as últimas décadas, os quais produzem impactos socioambientais - risco de incêndios florestais, e as inundações e enchentes (ESPINOZA et al., 2014; GLOOR et al., 2013; MARENGO et al., 2013; ZENG et al., 2008), e segundo Cavalcanti (2012) os eventos extremos de chuva variam em escala de tempo de dias, já os eventos extremos de seca têm uma escala maior que dias, podendo durar meses. Muitas pesquisas evidenciam que eles estão relacionados, em grande parte, com a interação Oceano-Atmosfera a qual exerce um importante papel para modular o clima do planeta, mas embora existam modelos conceituais definidos dos efeitos causados dessa interação, ainda há lacunas no entendimento do mecanismo dinâmico. Este trabalho teve o objetivo de apresentar a climatologia da precipitação pluvial mensal espacializada da mesorregião do Marajó evidenciada pelos dados disponibilizados.

## METODOLOGIA

### ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada na mesorregião do Marajó, ao extremo norte do Estado do Pará, apresenta como limites: ao norte e oeste o Estado do Amapá e ao norte banhada pelo Oceano Atlântico; ao sul o rio Pará e a leste a Baía do Marajó, Com uma área total de 59.308,40 km<sup>2</sup> (tomando como base somatória da área de seus municípios componentes), correspondente à 4,7% do Estado do Pará (Figura 1).

**Figura 1-** Localização geográfica da mesorregião de Marajó, no norte do estado do Pará. Os pontos (em vermelho) e as grades representam a resolução espacial dos dados de chuva do *Climate Prediction Center* (CPC), que foram utilizados neste estudo.



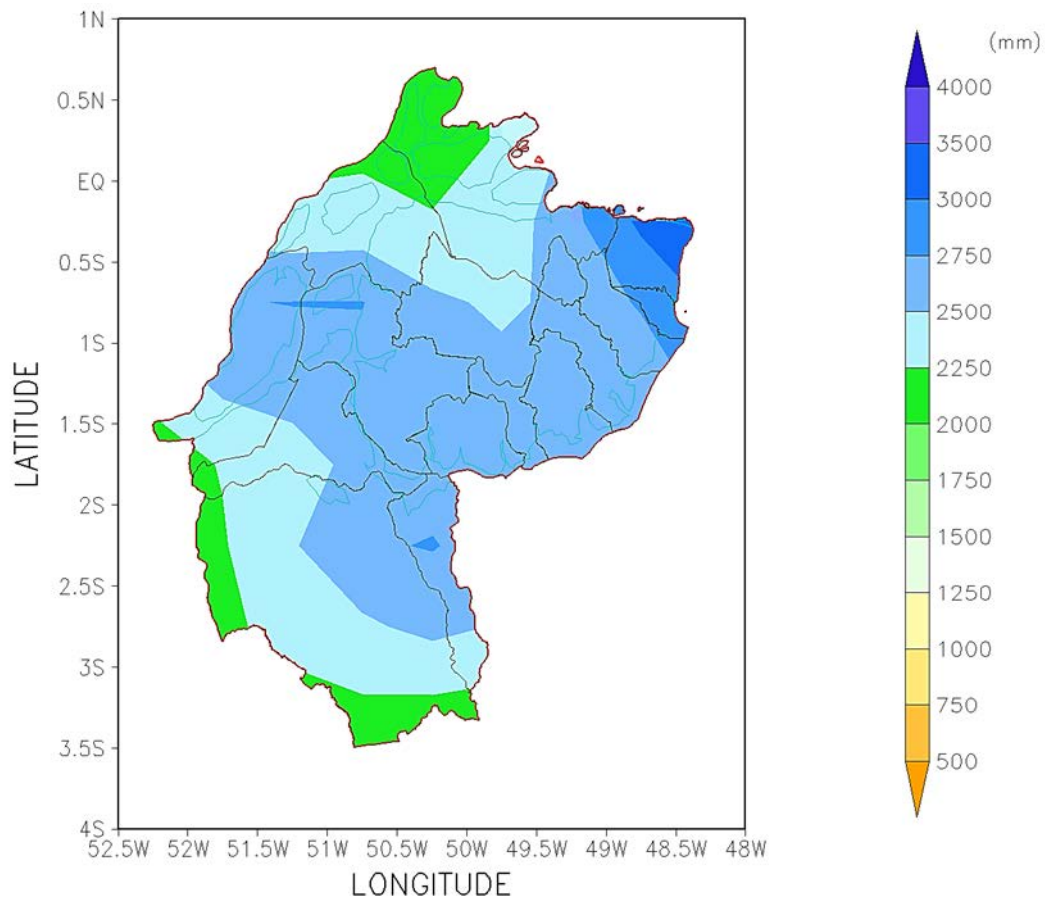
Fonte: autores (2021)

Foram utilizados os dados de precipitação de um banco de dados internacional da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), através do *Climate Prediction Center* (CPC), que consiste em uma densa rede observacional ao redor do mundo, interpolada em uma grade de 0,5° x 0,5° de latitude e longitude (Silva et al., 2007). Optou-se por escolher este tipo de dado, pois no Marajó pela ínfima quantidade de medições convencionais com série histórica longa (maior ou igual a 30 anos, no caso foi o período de 1981 a 2010), o qual é adequado para estudos climatológicos; além disso, a série de dados do CPC para a região não apresenta falhas, o que foi outro ponto determinante para a escolha deste conjunto de dados para este estudo. A resolução temporal dos dados do CPC é diária, os quais são gerados com base em observações coletadas em plataformas orbitais de satélites e interpolados com dados de estações de observações de superfícies.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição espacial média anual na mesorregião do Marajó apresenta elevados volumes em todo o seu território, variando de 2.000 a 3.500 mm, diminuindo de forma gradativa nos sentidos Leste-Oeste e nordeste-sudoeste (Figura 2).

**Figura 2.** Distribuição espacial da climatologia da precipitação anual para a mesorregião do Marajó, Pará, no período de dados de 1981 a 2010.



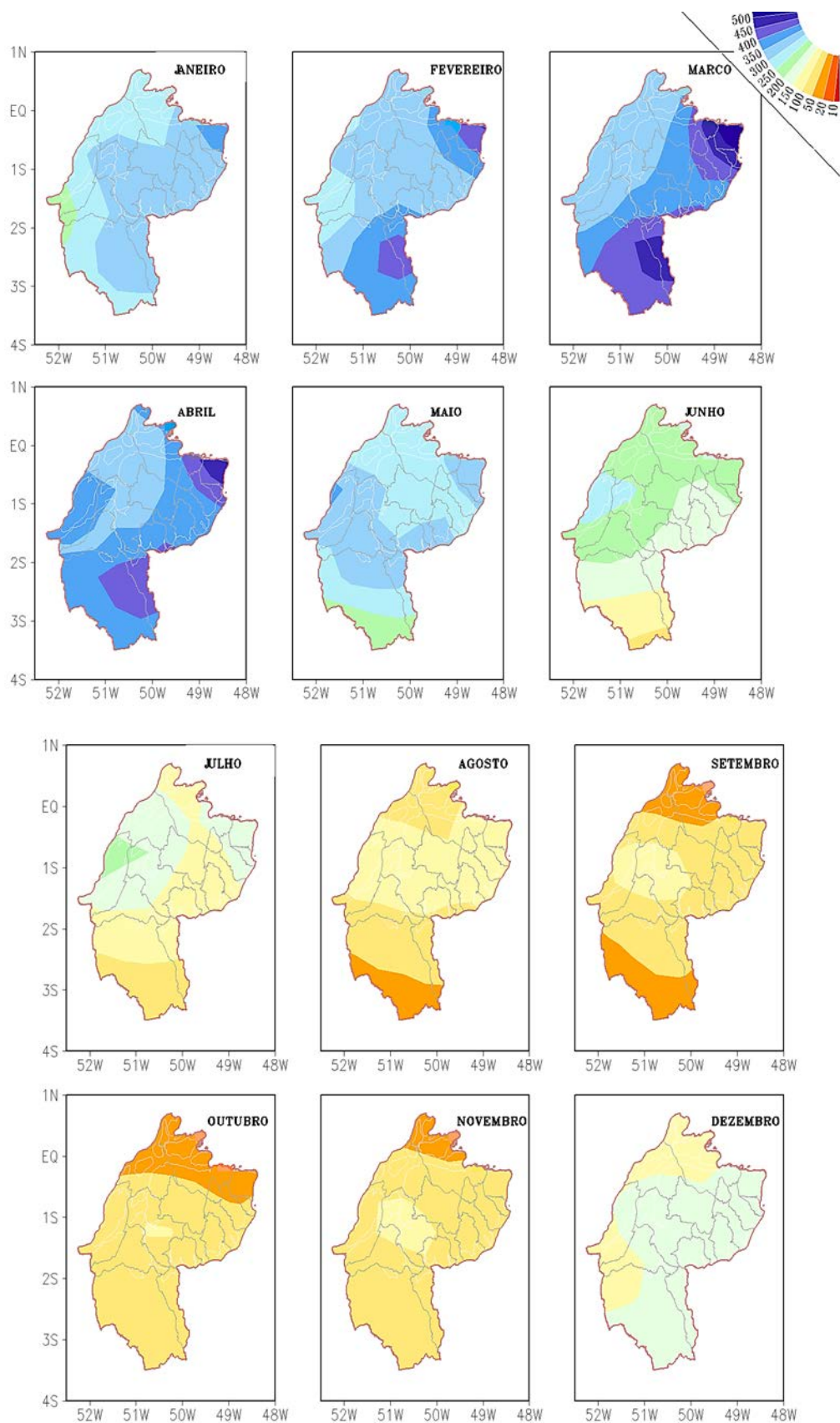
Fonte: autores (2021)

Os menores valores de precipitação ocorrem na fronteira de Chaves e Afuá, além dos extremos sudoeste dos municípios de Gurupá, Melgaço e Portel, neste último município a parte sul também se apresenta menos chuvoso em relação aos demais municípios Marajoara. Os maiores volumes de chuva no cômputo médio anual ocorrem em Soure. Estes elevados volumes se dão principalmente pelos sistemas de grande escala que atuam no período chuvoso como a ZCIT e a borda do VCAN e através de sistemas precipitantes formados a partir da circulação de brisas marítimas e fluviais, a destacar as linhas de instabilidade (COHEN et al., 1995, LOPES, SOUZA, FERREIRA, 2013).

Quanto a distribuição mensal média da climatologia de precipitação da mesorregião do Marajó, no Pará, para o período de 1981 a 2010 indica que a região é caracterizada por

dois períodos distintos: a estação chuvosa, que vai de janeiro a maio, e estação menos chuvosa, de junho a dezembro (Figura 3).

**Figura 3.** Distribuição espacial mensal climatológica da precipitação mensal para a Mesorregião do Marajó, Pará, no período de 1981 a 2010.



Os maiores acumulados de precipitação ocorreram no período chuvoso, nos setores nordeste e sudeste do Marajó, principalmente nas imediações de Soure, Salvaterra, Cachoeira do Arari, Bagre e Portel com valores de precipitação variando entre 400 e 500mm, com o auge da estação nos meses de março e abril. O grande sistema responsável por esses acumulados é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) durante os estes meses encontra-se em sua posição mais ao sul. Além desse sistema, há também o Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), onde sua borda produz grandes volumes de chuvas e por vezes pode também causa elevados volumes de chuvas na região no verão e outono austral (HASTENRATH; LAMB, 1977).

Observa-se que a partir do mês de junho os acumulados de chuvas começam a diminuir na região, onde se inicia o período seco ou menos chuvoso, sendo que o auge desse período fica entre os meses de setembro a novembro, com valores entre 150 e 20 mm, nesse período a ZCIT já se encontra na sua posição acima da linha do equador e os sistemas produtores de chuvas nessas regiões passam a ser as linhas de instabilidade, brisa marítima e convecção local (COHEN et al., 1995).

Lima et al. (2005), destacam que à medida que há deslocamento da precipitação de norte a sul, assim como de leste a oeste, a média anual vai aumentando os valores, isto acontece tanto no período mais chuvoso (dezembro a maio), quanto no período menos chuvoso (junho a novembro).

## CONCLUSÃO

Este trabalho procurou apresentar a distribuição da climatologia da precipitação sobre a mesorregião do Marajó, que de uma forma significativa mostrou a variação que há ao longo do ano nas regiões a leste e oeste do arquipélago de Marajó. Acredita-se que a distribuição de toda essa quantidade de água precipitável sobre a região nos períodos chuvoso e menos chuvoso tem tido como efeitos dos sistemas atuantes sobre a mesorregião de interesse. A atuação da ZCIT nos meses de dezembro a maio e outros sistemas locais têm favorecido a concentração e baixa na distribuição pluvial sobre ela. Os dados estimados por satélite que foram utilizados nesse trabalho mostraram que foram comparáveis a climatologia da mesorregião descrita em outros trabalhos.

## REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, C. R.; SILVA DIAS, M. A. F.; SOUZA, E. P.; COHEN, J. C. P. Verification of the Role of the Low-Level Jets in Amazon Squall Lines. **Atmospheric Research**, v. 100, pp. 36-44, 2011.

AMBRIZZI, T.; ROCHA, R. P.; MARENGO, J. A.; PISNITCHENKO, I.; ALVES, L. M. Cenários regionalizados de clima no Brasil para o Século XXI: Projeções de clima usando três modelos regionais. **Relatório 3, Ministério do Meio Ambiente - MMA, Secretaria de Biodiversidade e Florestas - SBF, Diretoria de Conservação da Biodiversidade - DCBio Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade** - Sub projeto: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI. Brasília, Fevereiro 2007.

BRETHERTON, C. The nature of adjustment in cumulus clouds fields. Chapter 5, in the representation of cumulus convection in numerical models. **American Meteorological Society Meteorological Monographs**, n.º 24, pp.63-74. Boston, 1993.

BYERS, H. R.; BRAHAM, R. B. The Thunderstorm: Report of the Thunderstorm Project. *U.S Govt. Printing Office*, Washington DC, pp. 287, 1949.

CAVALCANTI, I. F. A. Large scale and synoptic features associated with extreme precipitation over South America: a review and case studies for the first decade of the 21st century. *Atmospheric Research*, v. 118, p. 27-40, 2012.

COHEN, J. C. P. **Um estudo observacional de linhas de instabilidade na Amazônia**. 1989. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos - SP, 1989.

COHEN, J. C. P.; SILVA DIAS, M. A. F.; NOBRE, C. A. Environmental conditions associated with amazonian squall lines: a case study. **Monthly Weather Review**, v. 123, pp. 3163-3174, 1995.

COHEN, J.C.P. **Mecanismo de Propagação e Estrutura das Linhas de Instabilidade da Amazônia**. Tese (Doutorado em Meteorologia). São Paulo, IAG-USP, 1996.

DIÁRIO OFICIAL DO ESTADO DO PARÁ (DOE), 2015, p. 490.

ESPINOZA, J. C., MARENGO, J. A., RONCHAIL, J., CARPIO, J. M., FLORES, L. N.º, GUYOT, J. L., 2014. The extreme 2014 flood in south-western Amazon basin: the role of tropical subtropical South Atlantic SST gradient. **Environmental Research Letters**, n.º 9, 124007.

FERREIRA, R. N. Application of linear spectral model to the study of amazonian squall lines during GTE/ABLE 2B. **Journal of Geophysical Research**, v. 97, pp. 20405-20419, 1992.

FIGUEROA, S. N.; NOBRE, C.A. Precipitations distribution over Central and Western Tropical South America. **Climanálise - Boletim de Monitoramento e Análise Climática**, v.5, n.º 6, pp. 36 - 45, 1990.

FISCH, G., MARENGO, J. A., NOBRE, C. A. Uma Revisão Geral Sobre o Clima da Amazônia. **ACTA Amazônica**, v. 28, nº 2, 1998. pp. 121-126.

GAN, M. A.; KOUSKY, V. E. Vórtices ciclônicos da alta troposfera no oceano Atlântico Sul. *Revista Brasileira de Meteorologia*, São Paulo, v.1, n.1, p.19-28. jun. 1986.

GLOOR, M. R. J. W. BRIENEN, R. J., GALBRAITH, D., FELDPAUSCH, T. R., SCHÖNGART, J., GUYOT, J. L., PHILLIPS, O. L., 2013. Intensification of the Amazon hydrological cycle over the last two decades. **Geophysical Research Letters** **40**, pp. 1729-1733.

GRIMM, A. M. Interannual climate variability in South America: impacts on seasonal precipitation, extreme events, and possible effects of climate change. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, v. 25, n. 4, p. 537-554, 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Acesso a <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inmet>. 2021.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Chan-



ge. IPCC. Geneva. 2014. Disponível em: AR5 Synthesis Report: Climate Change 2014 — IPCC. Acesso em: 20 dez. 2021.

JOHNSON, D.H. The role of the tropics in the global circulation, in G.A. Corby, Ed., **The General Circulation of the Atmosphere**, Royal Meteorological Society, London, 1970.

KOUSKY VE, GAN MA. Upper tropospheric cyclonic vortices in the subtropical South Atlantic. **Tellus**, n.º 33, pp.538-551, 1981.

LEMONE, M.; ZIPSER, E. Cumulonimbus vertical velocity events in GATE. Part I: Diameter, intensity, and mass flux. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v. 37, pp. 2444-2457, 1980.

LIEBMANN, B.; MARENGO J. A. 2001. Interannual variability of the rainy season and rainfall in the Brazilian Amazon Basin. **J Clim.**, n.º14, pp. 4308– 4318. 2001.

LIMA, A. M. M.; OLIVEIRA, L. L.; FONTINHAS, R. L.; LIMA, R. J. S. Ilha do Marajó: Uma revisão histórica, Hidroclimatologia, Bacias Hidrográficas e Propostas de Gestão. **Holos Environment**, v.5, n.º1, 2005. pp.65.

LOPES, Márcio Nirlando Gomes; SOUZA, Everaldo Barreiros; FERREIRA, Douglas Batista da Silva. **Climatologia Regional Da Precipitação No Estado Do Pará**. Revista Brasileira de Climatologia. ISSN:1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica).

MAPES, B. The large-scale part of mesoscale convective system circulations: a linear two vertical spectral bands model. **Journal of the Meteorological Society of Japan**, v. 76, pp.29-55, 1998.

MARENGO, J. A. BORMA, L. S., RODRIGUEZ, D. A., PINHO, P., SOARES, W. R., ALVES, L. M. Recent extremes of drought and flooding in Amazonia: vulnerabilities and human adaptation. **American Journal of Climate Change**. n.º 2, pp. 87-96. 2013.

MARENGO, J. A. Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade - Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI (Segunda Edição). **Brasília: Ministério do Meio Ambiente**, 2007, v.1. p.214. 2007.

MARENGO, J. A. Mudanças Climáticas, Condições Meteorológicas Extremas e Eventos Climáticos no Brasil. In: **Mudanças Climáticas e Eventos Extremos no Brasil**. Rio de Janeiro: FBDS, 2010, cap. 1. pp. 5-18.

MARENGO, J.A. et al. Onset and end of the rainy season in the Brazilian Amazon basin. **Journal of Climate**, v. 14, p. 833-852, 2001.

MARENGO, J.A.; NOBRE, C.A.; CHOU, S.C.; TOMASELLA, J.; SAMPAIO, G.; ALVES, L.M.; OBREGÓN, G.O.; SOARES, W.R.; BETTS, R.; KAY, G. Riscos das Mudanças Climáticas no Brasil. Análise Conjunta Brasil Reino Unido Sobre os Impactos das Mudanças Climáticas e do Desmatamento na Amazônia. **Relatório Técnico**. Rio de Janeiro: São José dos Campos: INPE, pp. 2-56, 2011.

MARENGO, J.A.; SCHAEFFER, R.; PINTO, H.S.; ZEE, D.M.W. 2009. Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil. Rio de Janeiro: **FBDS**. 2010.

MELO, A. B. C.; MELO, M. L. D.; SANTANA, S. C. Estudo climatológico da posição da ZCIT no Atlântico Equatorial e sua influência sobre o Nordeste Brasileiro. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 11., 2000, Rio de Janeiro. **Anais...Rio de Janeiro:SBMet**, 2000.

NOBRE. P.; SHUKLA, J. Variations of sea surface temperature, wind stress and rainfall over the tropical Atlantic and South America. **Journal of Climate**, v.9, pp.2464-2479, 1996.

RAMÍREZ, M.V.; KAYANO, M. T.; FERREIRA, N. J. Statistical analysis of upper tropospheric vortices in the vicinity of northeast Brazil during the 1980-1989. **Atmosfera**, 12 (2), 75-88. 1999.

SILVA, V. B. S. et al. An improved gridded historical daily precipitation analysis for Brazil. *Journal of Hydrometeorology*, v.8, p.847-861.2007.

SOUZA, E. B.; KAYANO, M. T.; TOTA. J.; PEZZI, L.; FISCH, G.; NOBRE, C. On the influences of the El Niño, La Niña and Atlantic dipole pattern on the Amazonian rainfall during 1960-1998. **Acta Amazônica**, v. 30, n.º 2, pp. 305-318, 2000.

SOUZA, E. B.; ROCHA, E. J. P. Diurnal variations of rainfall in Bragança-PA (eastern Amazon) during rainy season: mean characteristics and extreme events. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n.º 3, pp. 142-152, 2006.

UVO, C. B.; **Influence of Sea Surface Temperature on Rainfall and Runoff in Northeastern South America: Analysis and Modeling**. 1998. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Universidade Lund, Sweden, Departamento de Engenharia de Recursos de Água, 1998.

WILLIAMS, E., et al. Contrasting convective regimes over the Amazon: Implications for cloud electrification. *Journal of the Geophysical Research*, v. 107, doi:10.1029/2001JD000380, 2002.

ZENG, N., YOON, J. H., MARENGO, J. A., SUBRAMANIAM, A., NOBRE, C. A., MARIOTTI, A., NEELIN, J. D., 2008. Causes and impacts of the 2005 Amazon drought. **Environmental Research Letters**, nº 3, 014002.

## SOBRE OS AUTORES

### **Alessandra Carolina Nery Lobato**

#### **Alice Maria Ferreira Cardoso**

Graduanda de Engenharia Ambiental Campus de Paragominas  
Email: alicemariaf@gmail.com

#### **Aline Souza Sardinha**

<https://orcid.org/0000-0001-6245-0734>  
Engenheira Ambiental. Mestre em Ciências: Geologia (UFPA). Universidade do Estado do Pará.  
Email: alinesardinha@uepa.br

#### **Altem Nascimento Pontes**

<https://orcid.org/0000-0002-9001-4603>  
Universidade do Estado do Pará. Brasil  
Email: altempontes@gmail.com

#### **Ana Paula Simões Castro**

<https://orcid.org/0000-0001-5388-6755>  
Faculdade Estácio  
Email: castro.ana@estacio.br

#### **Bruna Stephane Nascimento da Silva**

#### **Carla Letícia dos Reis Costa**

Graduanda de Engenharia Ambiental Campus de Paragominas  
Email: deborareis1805@gmail.com

#### **Carlos José Capela Bispo**

<https://orcid.org/0000-0003-2399-3140>  
Engenheiro Agrônomo, Universidade do Estado do Pará- UEPA. doutorando em Ciências Ambientais (UEPA)  
Email: capela@uepa.br

#### **Carlos Otávio Rodrigues dos Santos**

<https://orcid.org/0000-0002-4457-1337>  
Engenheiro Ambiental. Universidade do Estado do Pará.  
Email: otavio.eng.amb@gmail.com

#### **Darlan Wellington Rodrigues Souza**

Graduando de Engenharia Ambiental. Universidade do Estado do Pará.  
<https://orcid.org/0000-0003-1649-1193>  
Email: darlan.souza12354@gmail.com

#### **Davi Farias da Silva**

<https://orcid.org/0000-0002-4746-4123>  
Universidade do Estado do Pará (UEPA)  
Email: davifarias.rug@gmail.com

#### **Débora Reis Cordeiro**

Graduanda de Engenharia Ambiental Campus de Paragominas  
Email: deborareis1805@gmail.com

#### **Dênis José Cardoso Gomes**

<https://orcid.org/0000-0001-6441-6783>  
Universidade do Estado do Pará (UEPA)  
Email: deniss.feg@gmail.com

#### **Edilson Rodrigues Matos**

<https://orcid.org/0000-0002-9918-1408>  
Universidade Federal do Pará  
Email: edilson.matos9@gmail.com

#### **Edivaldo de Castro Xavier**

<https://orcid.org/0000-0002-7056-4077>  
Graduando de Engenharia Ambiental. Universidade do Estado do Pará.  
Email: castroedivaldo57@gmail.com

#### **Eduardo Ribeiro Marinho**

Universidade do Estado do Pará. Brasil  
Doutorando em Química (UFU)

#### **Elizabelle de Freitas Ferreira**

<http://orcid.org/0000-0002-0485-6098>  
Graduando de Engenharia Ambiental. Universidade do Estado do Pará.  
Email: bellefreitas123@gmail.com

#### **Emayra Leite Sá**

#### **Fabianne Mesquita Pereira**

<https://orcid.org/0000-0002-2411-3996>  
Universidade do Estado do Pará (UEPA)  
Email: fabi.annepereira@hotmail.com

#### **Francianne Vieira Mourão**

<https://orcid.org/0000-0001-5651-5407>  
Universidade do Estado do Pará  
Email: francianne.eng.ambiental@gmail.com

#### **Gabriela Brito de Souza**

<https://orcid.org/0000-0002-7976-5262>  
Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade do Estado do Pará (UEPA). Campus VI - Laboratório de Qualidade Ambiental (LQA).  
Email: gabrielasouza.br99@gmail.com

**Gleidson Marques Pereira**  
<https://orcid.org/0000-0003-0657-7356>  
Universidade do Estado do Pará. Doutorando em Ciências Ambientais (UEPA)  
Email: [gleidson.pereira@uepa.br](mailto:gleidson.pereira@uepa.br)

**Gundisalvo Piratoba Morales**  
Doutor em Geologia e Geoquímica. Universidade do Estado do Pará; CV: <http://lattes.cnpq.br/2923392000120182>

**Gustavo Gutemberg Gonçalves da Costa**  
<https://orcid.org/0000-0001-9065-470X>  
Universidade Federal do Pará  
Email: [gutembergustavo@hotmail.com](mailto:gutembergustavo@hotmail.com)

**Hyago Elias Nascimento Souza**  
<https://orcid.org/0000-0001-8765-2981> Graduação em Engenharia Ambiental  
Doutorando em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos (UFMG)  
Email: [hyagosouza@uepa.br](mailto:hyagosouza@uepa.br)

**João Pedro Silva da Silva**  
Universidade do Estado do Pará. Brasil  
Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária (UEPA)

**Jordana Silva Rozário**  
Graduanda de Engenharia Ambiental Campus de Paragominas  
Email: [jordana.rozario@gmail.com](mailto:jordana.rozario@gmail.com)

**José Augusto Carvalho de Araújo**  
<https://orcid.org/0000-0002-4503-7857>  
Universidade do Estado do Pará  
Email: [augustocarvalho@uepa.br](mailto:augustocarvalho@uepa.br)

**Karina Miranda de Almeida**

**Kassia Lopes Teixeira**  
<https://orcid.org/0000-0001-6828-6867>  
Graduando de Engenharia Ambiental. Universidade do Estado do Pará.  
Email: [kassialopes600@gmail.com](mailto:kassialopes600@gmail.com)

**Kátia Noronha Barbosa**

**Luana Mariza Moraes dos Santos**

**Lucas Leite da Silva**  
<https://orcid.org/0000-0002-0835-700X>  
Graduando em Licenciatura em Ciências Biológicas Universidade do Estado do Pará/ Campus VIII - Marabá  
Email: [lucas.lsilva@aluno.uepa.br](mailto:lucas.lsilva@aluno.uepa.br)

**Márcia de Nazaré Sacco dos Santos**  
<https://orcid.org/0000-0002-3457-9589> Mestrado em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais - AqRat  
Universidade do Estado do Pará  
Email: [mnssantos@yahoo.com.br](mailto:mnssantos@yahoo.com.br)

**Mateus Henrique Trajano Brasil**  
<https://orcid.org/0000-0002-5646-670>  
Graduando de Engenharia Ambiental. Universidade do Estado do Pará.  
Email: [matheusbrasil86@hotmail.com](mailto:matheusbrasil86@hotmail.com)

**Milena Brito de Souza**  
<https://orcid.org/0000-0001-7930-352X> Graduanda do curso de Engenharia Florestal. UEPA, Campus VI  
Email: [milenabrito304@gmail.com](mailto:milenabrito304@gmail.com)

**Milena Pupo Raimam**  
<https://orcid.org/0000-0001-9288-6926>  
Bióloga. Universidade do Estado do Pará (UEPA), Campus VIII - Marabá.  
Email: [milenaraimam@gmail.com](mailto:milenaraimam@gmail.com)

**Nathália Cordeiro Fidelis dos Santos**  
Universidade do Estado do Pará. Brasil  
Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária (UEPA)

**Nilzele de Vilhena Gomes Jesus**  
<https://orcid.org/0000-0002-9744-5799> Bacharel em Meteorologia/Doutorado em Meteorologia.  
Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção a Amazônia - CENSIPAM  
Email: [nilzele@gmail.com](mailto:nilzele@gmail.com)

**Norma Ely dos Santos Beltrão**  
Pós-doutorado em Sensoriamento Remoto (FCUP – Portugal). Doutorado em Economia Agrícola. (JLU - Alemanha). Professora (UEPA). CV: <http://lattes.cnpq.br/9434131723316393>

**Patrícia de Fátima Saco dos Santos**  
<https://orcid.org/0000-0003-4858-1601>  
Universidade Federal do Pará  
Email: [patriciasaccosantos@gmail.com](mailto:patriciasaccosantos@gmail.com)

**Rafael Ribeiro Meireles**  
<https://orcid.org/0000-0003-2194-8127>  
Instituição a que pertence: Universidade do Estado do Pará (UEPA)  
Email: [rafarm1997@gmail.com](mailto:rafarm1997@gmail.com)

**Raissa Jennifer da Silva de Sá**

<https://orcid.org/0000-0002-9080-324X>

Graduada em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade do Estado do Pará (UEPA)

Email: raissajenniferdasilvadesa@gmail.com

**Silmara Neves da Silva**

**Tallytha de Nazaré Paixão da Silva**

Email: tallythapaixao@gmail.com

**Vanessa de Nazaré Sousa e Sousa**

**Verônica Jussara Costa Bittencourt**

## SOBRE OS ORGANIZADORES



**Edmir dos Santos Jesus**

<http://orcid.org/0000-0002-4383-5353>  
Meteorologista / Mestrado em Climatologia  
Doutorado em Ciências Climáticas  
Pós-Doutorado - PPGCC/UFRN  
Pós-Doutorado - PPGCA/UEPA  
Universidade do Estado do Pará – UEPA  
Email: [edmir.jesus@gmail.br](mailto:edmir.jesus@gmail.br)



**Antônio Pereira Júnior**

<https://orcid.org/0000-0001-6241-985X>  
Biólogo/ Mestre em Ciências Ambientais  
Doutorando em Ciências Ambientais  
Universidade do Estado do Pará - UEPA  
Departamento de Engenharia Ambiental - DEAM  
Web Science Researcher ID: N - 8110-2017  
Filiado a Company of Biologist  
Email: [antonio.junior@uepa.br3](mailto:antonio.junior@uepa.br3)



**Uniedusul**