



ANAIS DO II WORKSHOP DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA

DA CIÊNCIA À PRÁTICA

O PAPEL DO INSTITUTO TECNOLÓGICO VALE
FRENTE ÀS NECESSIDADES SOCIOAMBIENTAIS

Helena Pereira Almeida
Sarah Brasil de Araújo de Miranda
Eddie Carlos Saraiva da Silva
(Organização)

Belém
2022





Helena Pereira Almeida
Sarah Brasil de Araújo de Miranda
Eddie Carlos Saraiva da Silva
(Organização)

ANAIS DO II WORKSHOP DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA

DA CIÊNCIA À PRÁTICA

O PAPEL DO INSTITUTO TECNOLÓGICO VALE
FRENTE ÀS NECESSIDADES SOCIOAMBIENTAIS

Belém
2022

Guilherme Oliveira

Gestor de Conhecimento Científico

Markus Gastauer

Coordenação – Mestrado Profissional

Tereza Cristina Giannini

Vice-Coordenação – Mestrado Profissional

Tasso Guimarães

Pesquisador – Docente responsável

Helena Pereira Almeida

Sarah Brasil de Araújo de Miranda

Eddie Carlos Saraiva da Silva

Organização

Comissão científica

Alessandra Danieli Miranda de Araújo
Amanda Manuely da Silva Oliveira
Carlos Eduardo Aguiar de Souza Costa
Duane Azevedo Pinto
Edilson Freitas da Silva
Fernanda Ferreira Machado
Gessica da Silva e Silva
Gustavo Francesco de Moraes Dias
Jeronymo Dalapicolla
Juliana Stephanie Galaschi Teixeira
Keyvilla da Costa Aguiar
Lana Patrícia da Silva Fonseca
Luiza de Araújo Romeiro
Vitória Catarina Cardoso Martins

Comissão do evento

Andrea Masae dos Santos Okabe
Adrienne Sacha da Costa Saraiva
César Di Paula da Silva Pinheiro
Danielly Cristina Marques de Castro
Fabrícia de Souza Paz
Fernanda Valente Penner
Gabriel Costa Maciel Moia
Gabriel Costa Matos
Helena Pereira Almeida
Jéssica Pinto Assunção
Joyce Cristine do Rosário da Silva
Keila Jamille Costa
Luana Costa da Silva
Paulo Sérgio Góes Reis
Renata Sena Cardoso
Sarah Brasil de Araújo de Miranda
Tatiane Barbarely Serra Souza Moraes
Yorranna Kelly Rossy da Silva

Revisão e Diagramação

Eddie Carlos Saraiva da Silva

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

W926 Workshop de Pós-Graduação e Pesquisa (2. : 2021 : Belém, PA)
Anais do II Workshop de Pós-Graduação e Pesquisa, 27 a 29 de julho de
2021 em Belém, PA [recurso eletrônico] / Helena Pereira Almeida, Sarah Brasil de
Araújo de Miranda (organização) - Belém: ITV, 2022.

110 p. ; 1 PDF.

Tema: Da ciência à prática: o papel do Instituto Tecnológico Vale frente às
necessidades socioambientais.

Vários autores.

Inclui referências.

ISBN 978-65-990228-6-9

PROD.ACAD.ITV DS N001/2022

DOI 10.29223/PROD.ACAD.ITV.DS.2022.01.Almeida

1. Anais – eventos. 2. Workshop - eventos. 3. Ensino superior - pesquisa. 4. Sustentabilidade - mineração. 5. Objetivos de desenvolvimento sustentável. I. Almeida, Helena Pereira. II. Miranda, Sarah Brasil de Araújo de. III. Título

CDD 23. ed. 622.0286063

Bibliotecária responsável: Helen Luz / CRB-2 - 1572



APRESENTAÇÃO

A disciplina **Workshop de Pós-Graduação e Pesquisa** configura-se como um dos mais importantes instrumentos de integração dos discentes com o Instituto Tecnológico Vale (ITV). Uma vez que devemos, como docentes, tornar os alunos o ponto focal do nosso programa. Nesta segunda edição, desafiamos os discentes a elaborar um evento técnico-científico para relacionar e integrar as pesquisas desenvolvidas no instituto com os seus próprios trabalhos de mestrado, com o objetivo de criar uma rede discursiva e colaborativa.

Contudo, devido a pandemia do Coronavírus mundialmente instalada a partir de 2020, este evento somente foi realizado em 2021 e de forma totalmente online. Os discentes tiveram a oportunidade de estruturar completamente o evento, conheceram um pouco da rotina, normas e atribuições de todas as áreas-suporte e pilares do ITV.

Realmente um desafio, mas que com muita persistência, foco e os devidos direcionamentos, os discentes conseguiram desenvolver um belo evento, mesmo à distância separados pela tela de um computador. Meus mais sinceros cumprimentos a todos que de alguma forma, com maior ou menor participação, conseguiram vencer mais este desafio.

Tasso Guimarães





SUMÁRIO

 OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL ...	08
 17 OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	10
 BIODIVERSIDADE E SERVIÇOS DE ECOSSISTEMA	12
 SOCIOECONOMIA E SUSTENTABILIDADE	28
 TECNOLOGIA AMBIENTAL	35 <u>6</u>
 GEOLOGIA AMBIENTAL E RECURSOS HÍDRICOS	63
 GENÔMICA AMBIENTAL	85
 AGRADECIMENTOS	110
 APÊNDICE	112





OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Em 2015, na Cúpula das Nações Unidas (New York), 193 países adotaram a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, que contempla um plano de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperidade.

As diretrizes dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) que compõem a Agenda 2030, são ao todo 17 objetivos e 169 metas definido e desenvolvido por meio de um amplo diálogo sem precedentes entre os Estados membros da Organização das Nações Unidas (ONU), autoridades locais, sociedade civil, setor privado e outras partes interessadas. Os ODS foram baseados no legado deixado pelos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), que são compostos por oito metas de combate à pobreza, promover a prosperidade e o bem-estar, proteger o meio ambiente e enfrentar as mudanças climáticas.

Os ODS abordam os aspectos que não foram alcançados pelos ODM, além de serem integrados, indivisíveis e trabalharem dentro de um contexto tridimensional: economia, sociedade e ambiente. Os ODS são de prática global, regional e local, contando principalmente com a participação dos governos locais e regionais, que possuem proximidade maior com o cidadão, assim como participação da própria sociedade. E por meio da integração dos ODS nas estruturas políticas, divulgação do desenvolvimento territorial integrado, inclusivo e sustentável e a sensibilização da sociedade, é que podemos pôr em prática e fazer a diferença.

Em síntese, os ODS assim como a Agenda 2030 almejam (ONU, [20--?]):

- **Pessoas** - “[...] acabar com a pobreza e a fome, em todas as suas formas e dimensões, e garantir que todos os seres humanos possam realizar o seu potencial em dignidade e igualdade, em um ambiente saudável;
- **Planeta** - “[...] proteger o planeta da degradação, sobretudo por meio do consumo e da produção sustentáveis, da gestão sustentável dos seus recursos naturais e tomando medidas urgentes sobre a mudança climática, para que ele possa suportar as necessidades das gerações presentes e futuras;

- 
- **Prosperidade** - "[...] assegurar que todos os seres humanos possam desfrutar de uma vida próspera e de plena realização pessoal, e que o progresso econômico, social e tecnológico ocorra em harmonia com a natureza;
 - **Paz** - "[...] promover sociedades pacíficas, justas e inclusivas que estão livres do medo e da violência. Não pode haver desenvolvimento sustentável sem paz e não há paz sem desenvolvimento sustentável.
 - **Parceria** - mobilizar os meios necessários para implementar esta Agenda por meio de uma Parceria Global para o Desenvolvimento Sustentável revitalizada, com base num espírito de solidariedade global reforçada, concentrada em especial nas necessidades dos mais pobres e mais vulneráveis e com a participação de todos os países, todas as partes interessadas e todas as pessoas.

Para mais informações sobre a **Agenda 2030**
e os **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**
consulte o site da [ONU Brasil](#)
(Organizações das Nações Unidas, Brasil).



17 OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL



Acabar com a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares.



Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos e todas, em todas as idades.



Alcançar a igualdade de gênero e empoderar todas as mulheres e meninas.



Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos.



Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável.



Assegurar a educação inclusiva e equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos e todas.



Assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e saneamento para todos.



Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo e trabalho decente para todos e todas.

9 INDÚSTRIA, INOVAÇÃO E INFRAESTRUTURA



Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação.

Reduzir a desigualdade dentro dos países e entre eles.

10 REDUÇÃO DAS DESIGUALDADES



11 CIDADES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS



Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.

Assegurar padrões de produção e consumo sustentáveis.

12 CONSUMO E PRODUÇÃO RESPONSÁVEIS



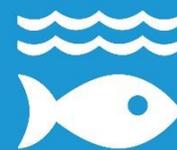
13 AÇÃO CONTRA A MUDANÇA GLOBAL DO CLIMA



Tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos.

Conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável.

14 VIDA NA ÁGUA



15 VIDA TERRESTRE



Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade.

Promover sociedades pacíficas e inclusivas para o desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça para todos e construir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas em todos os níveis.

16 PAZ, JUSTIÇA E INSTITUIÇÕES EFICAZES



17 PARCERIAS E MEIOS DE IMPLEMENTAÇÃO



Fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável.



BIODIVERSIDADE E SERVIÇOS DE ECOSSISTEMA

☉	Grupo de pesquisa – Apresentação	13
☉	Práticas de geração de renda a partir da conservação da biodiversidade no Estado do Pará, Amazônia Oriental <i>Cezar Di Paula da Silva Pinheiro</i>	14
☉	Anatomia dos órgãos vegetativos de duas espécies de <i>Ipomea L. (Convolvulaceae Juss.)</i>: uma abordagem adaptativa e taxonômica <i>Joyce Cristine do Rosário da Silva</i>	19
☉	Diversidade beta de troglóbios em ecossistemas subterrâneos da região da Floresta Nacional de Carajás <i>Fabricia de Souza Paz</i>	23



Grupo de pesquisa – Apresentação



BIODIVERSIDADE E SERVIÇOS DE ECOSISTEMA

O grupo de Biodiversidade e Serviços de Ecossistema desenvolve trabalhos multidisciplinares que tem como foco o uso e a conservação dos recursos naturais de maneira que contribua para uma mineração mais sustentável. Os trabalhos que são desenvolvidos vão desde a caracterização da biodiversidade existente na Floresta Nacional de Carajás, envolvendo a modelagem a avaliação do status de conservação das espécies ameaçadas, como também a modelagem dos nichos ecológico existentes. Além disso, são desenvolvidos outros estudos de biomonitoramento, ecologia e genética de paisagem que permitem quantificar e avaliar os impactos da mineração, mapeamento de serviços ecossistêmicos e sua importância econômica e ambiental e diversos outros trabalhos que contribuem para o desenvolvimento de ações mais sustentáveis na região. Por meio desses estudos, o grupo de pesquisa busca fornecer dados que permitam informar as ações de compensação, mitigação e recuperação de áreas degradadas, possibilitando assim, potencializar ações mais sustentáveis que contribuam para a conservação e preservação ambiental.



BIODIVERSIDADE E SERVIÇOS DE ECOSISTEMA

PRÁTICAS DE GERAÇÃO DE RENDA A PARTIR DA CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE NO ESTADO DO PARÁ, AMAZÔNIA ORIENTAL

Cezar Di Paula da Silva Pinheiro¹

RESUMO: Entre as estratégias para o desenvolvimento de setores verdes tem-se a importância do investimento em capital natural e no aumento no número de ações destinadas a melhorar a eficiência energética e conservação desses recursos, e que levem em consideração diferentes *stakeholders* visando a conservação da biodiversidade. Assim, a presente pesquisa tem como objetivo analisar práticas de geração de renda para cooperativas e associações de agricultores do Estado do Pará que contribuam para a conservação da biodiversidade. A metodologia consistirá na realização de entrevistas com base em questionário semiestruturado junto a uma amostra composta por cooperativas e associações de agricultores do Pará. O conhecimento sobre boas práticas relacionadas a geração de renda poderá auxiliar a implementação de métodos eficazes de manejo sustentável de florestas tropicais e estabelecimento de políticas (agrícolas e ambientais) compatíveis com as reais necessidades de diferentes stakeholders.

Palavras-chave: economia verde; gestão ambiental; práticas agrícolas sustentáveis.

ABSTRACT: Among the strategies for the development of green sectors, there is the importance of investing in natural capital and increasing the number of actions aimed at improving energy efficiency and conservation of these resources, and that take into account different stakeholders aiming at the conservation of natural resources. biodiversity. Thus, the present research aims to analyze income generation practices for cooperatives and associations of farmers in the State of Pará that contribute to the conservation of biodiversity. The methodology will consist of conducting interviews based on a semi-structured questionnaire with a sample composed of cooperatives and farmers' associations in Pará. Knowledge about good practices related to income generation can help the implementation of effective methods of sustainable management of tropical forests and the establishment of policies (agricultural and environmental) compatible with the real needs of different stakeholders.

Keywords: green economy; environmental management; sustainable agricultural practices.

1. INTRODUÇÃO

A Economia Verde (EV) vem se tornando um conceito amplamente difundido por empresas e formuladores de políticas, podendo ser definida como aquela "(...) que

¹ Mestrando em Uso Sustentável dos Recursos Naturais em Regiões Tropicais, do Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável. E-mail: cezarpinheiro18@gmail.com.



resulta em melhoria do bem-estar humano e da equidade social, enquanto reduz significativamente os riscos ambientais e a escassez ecológica” (UNEP, 2011, p. 2). Na EV, o crescimento na geração de emprego e renda é impulsionado por investimentos, públicos e/ou privados, que reduzem as emissões de carbono e possibilitam o uso eficaz dos recursos naturais através de uma gestão sustentável (EEA, 2011), potencialmente evitando possíveis perdas de biodiversidade e nos serviços ecossistêmicos (UNEP, 2011).

O conceito de EV engloba dois elementos diferentes que, no entanto, estão relacionados à conservação da biodiversidade. O primeiro diz respeito à proteção da diversidade biológica por conta da geração de benefícios socioeconômicos que contribuem diretamente para o bem-estar humano e equidade social (MEA, 2005; FOLEY *et al.*, 2007). O outro está apoiado na ideia de manter a biodiversidade segura, como forma de evitar riscos ambientais e escassez ecológica (GASPARATOS; WILLIS, 2015).

Assim, frente à urgência em alcançar um desenvolvimento para a região amazônica que considere a geração de renda associada a proteção da biodiversidade, torna-se essencial o conhecimento da concepção da população considerando suas opiniões, preferências e atitudes adotadas relacionadas ao uso sustentável da biodiversidade. Esse entendimento poderá dar suporte para a determinação de métodos eficazes de gerenciamento (ROSA *et al.*, 2021) e estabelecimento de políticas agrícolas e de conservação ambiental que, de fato, atendam às reais necessidades de diferentes *stakeholders* (ASAH *et al.*, 2014). Destaca-se também a promoção da conservação dos recursos naturais, e do crescente debate sobre a importância em se considerar os vínculos entre biodiversidade e o uso sustentável desta na promoção de uma economia verde. Desse modo a pesquisa tem como objetivo analisar práticas de geração de renda para cooperativas e associações de agricultores do Estado do Pará que contribuam para a conservação da biodiversidade.

2. METODOLOGIA

A metodologia desta pesquisa está aplicada em três principais etapas. A primeira etapa consistiu na escolha da população universo da pesquisa, considerando-se dois grupos de interesse: (i) cooperativas e (ii) associações de agricultores do Estado do Pará. A consideração para a escolha de ambos os grupos está relacionada à importância destes atores frente ao crescente debate envolvendo



a biodiversidade e uso sustentável desta para o desenvolvimento de uma EV. A segunda etapa foi elaborada um instrumento de coleta de dados na forma de questionário semiestruturado, que teve como base a revisão sistemática da literatura, composto por 18 perguntas que levaram em consideração diferentes aspectos de interesse.

Na última etapa foi efetuada a coleta de dados através da aplicação do questionário aos grupos de interesse da pesquisa; como forma de responder a seguinte pergunta: “Quais práticas de geração de renda para cooperativas e associações de agricultores familiares melhor contribuem para a conservação da biodiversidade na Amazônia?”. Por fim, os dados serão analisados através de técnicas estatísticas utilizando-se os softwares RStudio e IBM SPSS Statistics.

3. RESULTADOS ESPERADOS

Resultados iniciais sugerem que a expansão de uma agricultura sustentável a partir da utilização de meios eficientes e intensivos de produção pode representar um grande salto para o setor agropecuário (WRI, 2020). Avalia-se que uma rápida mudança para uma economia baseada em práticas sustentáveis e de baixo carbono pode gerar um crescimento significativo do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, com estimativa total acumulada de R\$ 2,8 trilhões até 2030 se comparada a trajetória atual. Isso contribuiria com um aumento líquido de mais de 2 milhões de empregos, restauração de 12 milhões de hectares de pastagens degradadas e a redução de 42% nas emissões de gases de efeito estufa em 2025 se comparado aos níveis do ano de 2005. Pode também atrair investimentos internacionais e tornar o país menos desigual e mais competitivo, ao mesmo tempo em que pode promover atividades que não conduzam ao desmatamento.

Estima-se que existam inúmeras espécies amazônicas com potencial de fornecimento de matéria-prima para uma bioeconomia local (NOBRE; NOBRE, 2019a), como alimentos, cosméticos, perfumarias, medicamentos e outros materiais. Essa matéria-prima tem origem rural e pode ser proveniente de áreas de florestas naturais ou de determinados sistemas agrícolas, envolvendo vários grupos sociais como cooperativas e demais negócios com base em empreendedorismo local. Contudo, tais riquezas estão longe de serem devidamente aproveitadas e canalizadas de volta para a região, tanto no que diz respeito à conservação da biodiversidade local, quanto para a melhoria das condições de vida de diferentes stakeholders envolvidos.



Dessa forma, torna-se necessário o desenvolvimento de práticas que aproveitem o real valor produtivo local e, ao mesmo tempo, sejam capazes de estabelecer um modelo social, econômico e ambiental sustentável (NOBRE; NOBRE, 2019b).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Espera-se que os resultados possam auxiliar na implementação de métodos eficazes de manejo sustentável de florestas tropicais e estabelecimento de políticas (agrícolas e ambientais) compatíveis com as reais necessidades de diferentes *stakeholders*. Além de também contribuírem para a crescente discussão sobre formas de geração de rendimentos mais altos e estáveis a partir do uso sustentável da biodiversidade.

REFERÊNCIAS

ASAH, S. T.; GUERRY, A. D.; BLAHNA, D. J.; LAWLER, J. J. Perception, acquisition and use of ecosystem services: Human behavior, and ecosystem management and policy implications. **Ecosystem Services**, v. 10, p. 180–186, 2014.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA). **Euroep's environment: an assessment of assessments**. Copenhagen, Denmark: EEA, 2011.

FOLEY, J. A. *et al.* Amazonia revealed: forest degradation and loss of ecosystem goods and services in the Amazon Basin. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 5, n. 1, p. 25-32, 2007.

GASPARATOS, A.; WILLIS, K. (eds.). **Biodiversity in the green economy**. Routledge, 2015.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being: a framework for assessment**. Island Press, 2005. p. 25-36. (Chapter 1). Disponível em: <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.765.aspx.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2022.

NOBRE, I.; NOBRE, C. A. The amazonia third way initiative: the role of technology to unveil the potential of a novel tropical biodiversity-based economy. *In*: LOURES, L. C. (eds.). **Land Use: assessing the past, envisioning the future**. Intechopen, 2019a.

NOBRE, I.; NOBRE, C. A. Projeto “Amazônia 4.0”: definindo uma terceira via para Amazônia. **Futuribles**, São Paulo, n. 2, p. 7-20, set. 2019b. Disponível em: https://www.futuribles.com/media/uploads/futuribles_pt_ed_02_.pdf. Acesso em: 15 jan. 2022.



ROSA, A. G.; ANDRADE, M. M. N.; PINHEIRO, C. P. S.; SOUSA, A. M. L. Avaliação da dinâmica de ocupação da terra em Salinópolis/PA com base no modelo Pressão-Estado-Impacto-Resposta (PEIR). **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 7, 2021. Disponível em: <https://sustenere.co/index.php/rica/article/view/5835>. Acesso em: 15 jan. 2022.

THE UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). **Towards a green economy**: pathways to sustainable development and poverty eradication - a synthesis for policy makers. 2011. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/index.php?page=view&type=400&nr=126&menu=35>. Acesso em: 15 jan. 2022.

WORLD RESOURCES INSTITUTE [Brasil] (WRI). **Uma nova economia para uma nova era**: elementos para a construção de uma economia mais eficiente e resiliente para o Brasil. [2020]. Disponível em: <https://wribrasil.org.br/pt/publicacoes/nova-economia-brasil-eficiente-resiliente-retomada-verde>. Acesso em: 15 jan. 2022.

ANATOMIA DOS ÓRGÃOS VEGETATIVOS DE DUAS ESPÉCIES DE *Ipomea* L. (*Convolvulaceae* Juss.): UMA ABORDAGEM ADAPTATIVA E TAXONÔMICA

Joyce Cristine do Rosário da Silva²

RESUMO: As espécies da família Convolvulaceae apresentam um importante papel ecológico com indicação para recuperação de áreas degradadas e uma notável importância econômica com utilidade para diversos fins. Nesta família encontram-se as espécies do gênero foco deste estudo, *Ipomea* L. Em virtude da complexidade morfológica, a distinção entre espécies de Convolvulaceae utilizando apenas caracteres morfológicos torna-se bastante difícil, analisando somente os aspectos vegetativos. Sendo assim o objetivo deste estudo é detectar adaptações anatômicas de raízes e folhas de *Ipomea cavalcantei* relacionadas ao solo de canga e, indicar caracteres anatômicos de folhas com potencial taxonômico, que auxiliem na diferenciação entre *Ipomea cavalcantei* e *Ipomea marabaensis*, espécies de difícil distinção quando em fase vegetativa. Para o estudo com enfoque taxonômico, serão comparados indivíduos de *I. cavalcantei* e *I. marabaensis* crescendo em ambiente natural. As amostras dos órgãos vegetativos a serem estudados serão processadas segundo técnicas usuais de anatomia vegetal.

Palavras-chave: Amazônia; adaptações anatômicas; canga, taxonomia.

ABSTRACT: The species of the Convolvulaceae family have an important ecological role with indication for the recovery of degraded areas and a remarkable economic importance with utility for several purposes. In this family are the species of the genus focus of this study, *Ipomea* L. Due to the morphological complexity, the distinction between species of Convolvulaceae using only morphological characters becomes quite difficult, analyzing only the vegetative aspects. Therefore, the objective of this study is to detect anatomical adaptations of roots and leaves of *Ipomea cavalcantei* related to canga soil and to indicate anatomical characters of leaves with taxonomic potential, which help in the differentiation between *Ipomea cavalcantei* and *Ipomea marabaensis*, species of difficult distinction when in vegetative phase. For the study with a taxonomic approach, individuals of *I. cavalcantei* and *I. marabaensis* growing in a natural environment will be compared. The samples of the vegetative organs to be studied will be processed according to the usual techniques of plant anatomy.

Keywords: Amazon; anatomical adaptations; yoke, taxonomy.

² Mestranda em Uso Sustentável dos Recursos Naturais em Regiões Tropicais, do Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável. E-mail: joyce.rscris@gmail.com



1. INTRODUÇÃO

A sudeste do estado do Pará, encontra-se a Floresta Nacional de Carajás (FLONA de Carajás), que constitui uma importante área de proteção ambiental. Essa região abriga um dos maiores distritos ferríferos do Brasil, rico em minerais e que se destaca pela paisagem (VIANA *et al.*, 2016). É formada por florestas pluviais, campos e savanas que possuem diversos tipos de solos, rochas e microclimas (CLEEF; SILVA, 1994). A FLONA tem sido alvo de diversos estudos devido ao seu valor, pois a vegetação sofre influência de altas concentrações de metais pesados no solo, pobreza de nutrientes e baixa capacidade de retenção de água. No entanto, é possível encontrar espécies com capacidade adaptativa a essa região (VIANA *et al.*, 2016).

Diante disso, encontram-se as espécies da família *Convolvulaceae*, comumente conhecidas como “Morning Glory” (APG IV 2016). A família inclui representantes de hábitos variáveis, que geralmente apresentam látex (SHAHID; RAO, 2016), além de possuírem notável importância econômica com espécies utilizadas para diversos fins, como alimentação, fármacos e ornamentação (JONGLOED, 2003; KARIM; FAWZI, 2007).

Segundo Carlquist *et al.* (1961), *Convolvulaceae* apresenta complexidade morfológica, assim os caracteres anatômicos servem como fonte de dados úteis na resolução de problemas taxonômicos. Portanto, as espécies foco deste estudo são *Ipomoea cavalcantei* que é endêmica da FLONA de Carajás, sendo considerada criticamente ameaçada, pertencendo a Lista de Espécies Ameaçadas e *Ipomoea marabaensis*, que é classificada como espécie rara (GIULIETTI *et al.*, 2009).

Ambas as espécies apresentam semelhanças nas características morfológicas dos órgãos vegetativos, diferindo apenas por características florais (AUSTIN, 1988). Sendo assim, são necessários estudos que subsidiem a distinção dessas espécies que são consideradas especiais. A utilização da anatomia vegetal é importante nesse processo, pois serve como subsídio ao entendimento da biologia das espécies e a taxonomia é efetiva, visto que os caracteres anatômicos apresentam valiosa ferramenta para avaliar adaptações ao ambiente e a caracterização de espécies.

Sendo assim, o objetivo do presente estudo é descrever comparativamente a anatomia de órgãos vegetativos de *Ipomoea cavalcantei* D.F.Austin e *Ipomoea marabaensis* D. F. Austin & Secco com enfoque taxonômico e avaliar o potencial adaptativo de *Ipomoea cavalcantei* ao solo de canga.

2. METODOLOGIA

Foram coletadas amostras dos órgãos vegetativos (folha e raiz) de *Ipomoea cavalcantei* e *Ipomoea marabaensis*, sendo que da primeira espécie foram coletados cinco indivíduos provenientes de ambiente de ocorrência natural e cinco de ambiente controlado. Já da segunda espécie foram coletados apenas cinco indivíduos de ambiente de ocorrência natural de canga. As raízes serão úteis para analisar apenas estruturas adaptativas, sendo assim, as plantas foram cuidadosamente desenterradas e em seguida retirado as amostras da raiz lateral. Também foi realizado a análise de solo, através da coleta de 200 g de solo próximo aos indivíduos amostrados.

As amostras de folhas maduras e raízes foram fixadas em FAA 50 (formaldeído, ácido acético e álcool etílico), por aproximadamente 48 h, e posteriormente conservadas em etanol 70% (JOHANSEN, 1940). Em seguida foram desidratadas em etanol para inclusão em hidroxietil-metacrilato (Leica Historesin®), conforme recomendações do fabricante. Posteriormente, secções transversais de 7-10 µm de espessura serão obtidas através de micrótomo rotativo semi-automático modelo Leica® RM 2245. As folhas foram seccionadas na região mediana do pecíolo e do limbo foliar, incluindo margem e nervura central. As seções serão coradas com Azul de Toluidina (O'BRIEN *et al.*, 1964) e montadas com Entellan® entre lâmina e lamínula. As análises estatísticas serão realizadas com o software Assistat.

3. RESULTADOS ESPERADOS

Como produtos, espera-se que sejam gerados dois manuscritos a serem submetidos para publicação em periódicos científicos que possuam fator de impacto relevante para área de Botânica. Um deles apresentará os resultados obtidos sobre anatomia comparada de *Ipomoea cavalcantei* e *Ipomoea marabaensis* com enfoque taxonômico. O outro versará sobre os caracteres anatômicos adaptativos de *I. cavalcantei* ao solo de canga, identificando os possíveis tecidos acumuladores de metal pesado (Fe).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No estudo anatômico comparativo das folhas de *Ipomoea cavalcantei* e *Ipomoea marabaensis*, concluiu-se que os caracteres que se diferem entre as espécies são: paredes anticlinais, o mesofilo, quantidade de espaços secretores, quantidade de idioblastos cristalíferos e formato da nervura central. Estes resultados



foram essenciais na diferenciação entre as espécies foco do estudo. Em futuras etapas para a pesquisa, será realizado a técnica de histoquímica, útil na identificação de substâncias e possui importância para o estudo de *Convolvulaceae*, já que a maioria das espécies da família tem como característica destaque o látex.

REFERÊNCIAS

VIANA, P. L. *et al.* Flora of the cangas of the Serra dos Carajás, Pará, Brazil: history, study area and methodology. **Rodriguésia**, v. 67, n. 5, especial, p. 1107-1124, 2016. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rod/a/jFbkN5CLMtWHNSLqrJMjDF/?lang=en>. Acesso em: 15 jan. 2022.

CLEEF, A.; SILVA, M. F. F. Plant communities of the Serra dos Carajás (Pará), Brazil. Museu Paraense Emílio Goeldi, **Série Botânica**, v. 10, n. 2, p. 269-28, 1994.

Angiosperm Phylogeny Group (APG IV), *et al.* An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 181, n. 1, p. 1-20, 2016. Disponível em:

<https://academic.oup.com/botlinnean/article/181/1/1/2416499>. Acesso em: 15 jan. 2022.

SHAHID, M.; NANDURI, K. R. New Records of three Convolvulaceae species to the flora of the United Arab Emirates. **Journal New Biological Reports**, v. 5, n. 3, p.114-121, 2016.

JONGBLOED, M. The comprehensive guide to the wild flowers of the United Arab Emirates. **Environmental Research and Wildlife Development Agency**, Abu Dhabi, UAE, v. 12, n. 4, p. 70-86, 2003.

KARIM, F. M.; FAWZI, N. M. Flora of the United Arab Emirates. **United Arab Emirates University**, Al Ain, UAE, v. 24, 2007.

CARLQUIST, S. J. **Comparative plant anatomy**: a guide to taxonomic and evolutionary application of anatomical data in angiosperms. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1961.

AUSTIN, D. F.; SECCO, R. de S. *Ipomoea marabaensis*, nova Convolvulaceae da Serra dos Carajás (PA). **Bol. Museu Paraense Emílio Goeldi**, Série Botânica, v. 4, n. 2, 1988.

JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. New York: McGrawHill Book Co., 1940.

O' BRIEN, T. P.; FEDER, N.; McCULLY, M. E. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue. **Protoplasma**, v. 59, n. 2, p. 368-373, 1964.

DIVERSIDADE BETA DE TROGLÓBIOS EM ECOSSISTEMAS SUBTERRÂNEOS DA REGIÃO DA FLORESTA NACIONAL DE CARAJÁS

Fabricia de Souza Paz³

RESUMO: A região de Carajás apresenta o maior número de cavidades naturais subterrâneas ferruginosas conhecidas no Brasil e convive com o grande desafio de otimizar o balanço entre a atividade de mineração e a proteção da biodiversidade. O estudo da diversidade beta proporciona o entendimento sobre a organização das comunidades subterrâneas e os fatores que influenciam na manutenção de seus padrões de distribuição. Este estudo objetiva analisar a variabilidade na composição de organismos troglóbios em ambientes cavernícolas da FLONA de Carajás. Desta forma, serão analisados dados de presença e ausência de 133 espécies de troglóbios, distribuídos entre um total de 471 cavernas catalogadas na área de estudo. Para análise dos padrões de diversidade, será utilizado o método de partição de diversidade β total, calculado a partir do coeficiente de dissimilaridade de Jaccard. O particionamento será realizado através da análise de redundância baseada em distância, do qual serão relacionadas as variáveis ambientais e a estrutura espacial com a presença das espécies. Assim, espera-se obter dados de composição que auxiliem no conhecimento de fatores que moldam a distribuição de espécies troglóbias em cavernas associadas a áreas de formações ferríferas. Assim como, pretende-se identificar o modelo ecológico de cavidades que melhor represente o conjunto de cavernas da região da FLONA de Carajás.

Palavras-chave: turnover; aninhamento; db-RDA; efeito de escala.

ABSTRACT: The Carajás region has the largest number of natural ferruginous underground cavities known in Brazil and faces the great challenge of optimizing the balance between mining activity and the protection of biodiversity. The study of beta diversity provides an understanding of the organization of subterranean communities and the factors that influence the maintenance of their distribution patterns. This study aims to analyze the variability in the composition of troglobitic organisms in cave environments at FLONA de Carajás. In this way, data on the presence and absence of 133 troglobite species will be analyzed, distributed among a total of 471 caves cataloged in the study area. To analyze the diversity patterns, the total β diversity partition method will be used, calculated from the Jaccard dissimilarity coefficient. The partitioning will be carried out through the redundancy analysis based on distance, which will relate the environmental variables and the spatial structure with the presence of the species. Thus, it is expected to obtain compositional data that will help in the knowledge of factors that shape the distribution of troglobitic species in caves associated with areas of iron formations. As well, it is intended to identify the ecological model of cavities that best represents the group of caves in the region of FLONA de Carajás.

³ Mestranda em Uso Sustentável dos Recursos Naturais em Regiões Tropicais, do Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável. E-mail: fabricia.spaz@gmail.com.



Keywords: turnover; nesting; db-RDA; scale effect.

1. INTRODUÇÃO

A região de Carajás apresenta o maior número de cavidades naturais subterrâneas ferruginosas conhecidas no Brasil e convive com o grande desafio de otimizar o balanço entre a atividade de mineração e a proteção da biodiversidade (BEZERRA *et al.*, 2017).

As cavidades naturais subterrâneas apresentam propriedades peculiares que atuam como filtro para o estabelecimento de comunidades com condições de vida distintas e exclusivas do meio subterrâneo, com muitas espécies troglóbias endêmicas e ameaçadas que necessitam de proteção (JAFFÉ *et al.*, 2016; TRAJANO; BICHUETTE, 2006). Portanto, é importante analisar essas comunidades e reconhecer padrões de diversidade que auxiliem na conservação e em medidas eficazes de compensação (TRAJANO; BICHUETTE; BATALHA, 2012).

Os primeiros estudos relacionados a cavidades naturais consideravam as cavernas como habitat de biodiversidade comparados a ilhas, com biodiversidade única e isolada, no entanto, estudos mais recentes sugerem modelos em que as cavernas podem também fazer parte de uma vasta rede de fendas que interligam a maioria dos sistemas subterrâneos e a diversidade desses habitats (CULVER; PIPAN, 2015). E segundo Mammola (2019), a escala de análise é um fator determinante que deve ser considerado na caracterização desses ambientes e suas dinâmicas.

Uma abordagem bastante utilizada para identificar e entender estes processos é a da partição da diversidade e análise do seu componente de mudança, conhecido como diversidade beta. Este proporciona o entendimento sobre como a composição de espécie se organiza no espaço e quais os fatores influenciam na manutenção de seus padrões de diversidade (ASTORGA *et al.*, 2014; SILVA; MARTINS; FERREIRA, 2011).

Desta forma, o presente estudo tem como objetivo analisar a variação na diversidade de organismos troglóbios em ambientes cavernícolas da FLONA de Carajás em diferentes escalas, a fim de responder duas perguntas: como estão distribuídas as espécies troglóbios que ocupam o sistema cavernícola da FLONA de Carajás e quais fatores determinam a variação na composição de espécies encontrada?

2. METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO

Serão analisados um conjunto de dados de presença e ausência de 133 espécies de troglóbios, distribuídos entre um total de 471 cavernas catalogadas na área de estudo. As cavidades estão distribuídas entre as Serra Norte, Serra Sul e Serra Leste, localizadas na região de Carajás.

Como variáveis ambientais preditoras, avaliaremos um conjunto de descritores locais (área, volume, projeção horizontal, inclinação, presença de corpos d'água, água percolada nas paredes, presença de raízes e presença de guano de morcegos) e descritores da paisagem (proporção de diferentes habitats naturais e antrópicos, métricas de distância entre manchas e distância topográfica em relação à mina) no entorno de cada cavidade. Estas informações fazem parte do banco de dados de estudos de relevância realizados nessas cavernas, e foram compiladas para este e outros estudos (JAFFÉ *et al.*, 2018; TREVELIN *et al.*, 2019).

2.2 ANÁLISE DE DADOS

Para avaliar o efeito da escala nos padrões de diversidade, será utilizado o método de partição de diversidade β total, calculado a partir do coeficiente de dissimilaridade de Jaccard (β -diversity; β JAC), do qual permite que beta total seja particionado em componentes de turnover e aninhamento (BASELGA, 2010; LEGENDRE, 2014). Assim, a análise será submetida a diferentes variações na resolução (diferentes tamanhos de grãos) e em distintas extensões hierárquicas.

Para avaliar quais fatores (espaço, características ambientais ou paisagem) condicionam a variação na composição de espécies, a beta diversidade será calculada através de partição da variação na estrutura das comunidades de troglóbios. O particionamento será realizado através da análise de redundância baseada em distância (db-RDA) desenvolvida por Legendre e Andersson (1999), conforme a matriz de dissimilaridade de Jaccard. Através desta análise, serão relacionadas as variáveis ambientais e a estrutura espacial com a presença das espécies. Assim serão geradas variáveis espaciais a partir de uma matriz de distância euclidiana que representará a distância entre as cavernas e as variáveis ambientais, usando a abordagem de mapas de vetores próprios de Moran (MEM) (PERES-NETO; LEGENDRE, 2010).

3. RESULTADOS ESPERADOS



Com o presente estudo, pretende-se identificar o modelo ecológico de cavidades que melhor represente a composição de espécies do conjunto de cavernas da região da FLONA de Carajás e qual o efeito da escala de análise na identificação desse modelo, validando teorias associadas aos sistemas de cavernas. Assim como, espera-se obter dados de composição de espécies que auxiliem no conhecimento de fatores que moldam a distribuição de espécies troglóbias em cavernas associadas a áreas de formações ferríferas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Vale tem o compromisso de integrar a sustentabilidade em seus negócios, mitigando os impactos de suas operações. A possibilidade de prever quais características condicionam similaridades entre cavernas e onde estão descontinuidades nas composições de espécies são informações relevantes para o planejamento ligado às diferentes fases da hierarquia de mitigação de impactos em Carajás. Reconhecer descontinuidades também se torna de extrema importância quando relacionado ao melhoramento no sistema de compensação de cavernas, pois permite tomar decisões mais acuradas quanto a escolha de cavidades que melhor compensará outras e assim desenvolver melhor a gestão sustentável de recursos naturais e a preservação da biodiversidade.

26

REFERÊNCIAS

ANDERSON, M. J. *et al.* Navigating the multiple meanings of β diversity: a roadmap for the practicing ecologist. **Ecol. Lett.**, v. 14, n. 1, p. 19-28, jan. 2010.

BASELGA, A. Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. **Global Ecology and Biogeography**, v. 19, n. 1, p. 134–143, 2010.

CULVER, D. C.; PIPAN, T. Shifting paradigms of the evolution of cave life. **Acta Carsologica**, v. 44, n. 3, p. 415–425, 2015.

JAFFÉ, R. *et al.* Reconciling mining with the conservation of cave biodiversity: A quantitative baseline to help establish conservation priorities. **PLoS ONE**, v. 11, n. 12, p. 1–16, 2016.

LEGENDRE, P. Interpreting the replacement and richness difference components of beta diversity. **Global Ecology and Biogeography**, v. 23, n. 11, p. 1324–1334, 2014.

MAMMOLA, S. Finding answers in the dark: caves as models in ecology fifty years



after Poulson and White. **Ecography**, v. 42, n. 7, p. 1331–1351, 2019.

PERES-NETO, P. R.; LEGENDRE, P. Estimating and controlling for spatial structure in the study of ecological communities. **Global Ecology and Biogeography**, v. 19, n. 2, p. 174–184, 2010. **Conservation**, v. 20, n. 8, p. 1713–1729, 2011.

TRAJANO, E.; BICHUETTE, M. E. **Biologia subterrânea**. São Paulo: Redeespeleo, 2006.

TREVELIN, L. C. *et al.* Biodiversity surrogates in Amazonian iron cave ecosystems. **Ecological Indicators**, v. 101, p. 813–820, jan. 2019.



SOCIOECONOMIA E SUSTENTABILIDADE



☉ Grupo de pesquisa – Apresentação	29
☉ Avaliação da relação entre mineração e avanços econômicos: uso de métodos econométricos a partir da compensação financeira pela exploração de recursos minerais no município de Parauapebas (PA) <i>Gabriel Costa Maciel Moia</i>	30



SOCIOECONOMIA E SUSTENTABILIDADE

O grupo de Socioeconomia e Sustentabilidade tem como foco avaliar os impactos gerados pela mineração nos territórios onde a Vale atua, buscando compreender a percepção das comunidades sobre os impactos gerados e o desenvolvimento sustentável na região. Os principais objetivos do grupo de pesquisa é identificar oportunidades e potencialidades nessas áreas e de que forma que a mineração interfere na vida dessas comunidades urbanas e rurais, seja no uso e ocupação do solo, mão de obra, qualidade de vida, desenvolvimento social e nas interações entre negócios (Vale e negócios locais). O grupo possui um papel fundamental para compreender a percepção da comunidade, pois desenvolve ações que estão diretamente ligadas a essas populações, obtendo informações importantes para a geração de produtos imprescindíveis para o planejamento e tomada de decisão que envolvam ações voltadas para o desenvolvimento sustentável dessas regiões



SOCIOECONOMIA E SUSTENTABILIDADE

AVALIAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE MINERAÇÃO E AVANÇOS ECONÔMICOS: USO DE MÉTODOS ECONOMETRÍCOS A PARTIR DA COMPENSAÇÃO FINANCEIRA PELA EXPLORAÇÃO DE RECURSOS MINERAIS NO MUNICÍPIO DE PARAUPEBAS (PA)

Gabriel Costa Maciel Moia⁴

RESUMO: O trabalho compreende a análise da relação entre a compensação financeira adquirida pelo uso da exploração mineral no município de Parauapebas com os principais indicadores socioeconômicos do território. São utilizados dados que retratam a avaliação atual do município, especialmente aqueles que contêm a divulgação para os períodos anteriores à compensação até momentos mais recentes, assim, a metodologia segue com a aplicação de métodos que se referem com a avaliação de impacto, como o uso do controle sintético, em que avalia o benefício ocorrido a partir da mineração. Para os resultados encontrados, ainda que de maneira parcial, é evidenciado de maneira prévia que a mineração no município representa impactos expressivo na melhoria de indicadores sociais e econômicos, em comparação com os municípios localizados na mesma região. Entretanto, a pesquisa não averigua a relação com municípios localizados em diferentes regiões brasileira, o que necessita melhor comparação de municípios mineradores ou não mineradores em regiões com melhor quadro econômico e social.

Palavras-chave: mineração; Parauapebas (PA); desenvolvimento socioeconômico; indicadores.

ABSTRACT: The work comprises the analysis of the relationship between the financial compensation acquired for the use of mineral exploration in the municipality of Parauapebas with the main socioeconomic indicators of the territory. Data that portray the current assessment of the municipality are used, especially those that contain the disclosure for the periods before the compensation until more recent moments, thus, the methodology follows with the application of methods that refer to the impact assessment, such as the use of of synthetic control, which evaluates the benefit arising from mining. For the results found, even if partially, it is previously evidenced that mining in the municipality represents significant impacts on the improvement of social and economic indicators, compared to municipalities located in the same region. However, the research does not investigate the relationship with municipalities located in different Brazilian regions, which requires a better comparison of mining and non-mining municipalities in regions with better economic and social conditions.

Keywords: mining; Parauapebas (PA); socioeconomic development; indicators.

⁴ Mestrando em Uso Sustentável dos Recursos Naturais em Regiões Tropicais, do Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável. E-mail: moiagabriel22@gmail.com.

1. INTRODUÇÃO

O estudo sobre o avanço de indicadores socioeconômicos da Amazônia é discutido a partir da formação de atores e localidades que destacam as características únicas da região, tanto por conceitos político-administrativo quanto pela referência econômica. Assim, observa-se a questão do planejamento territorial referente ao potencial do bioma amazônico, através da formação da região e de suas qualidades, do potencial energético e da implementação de indústrias relacionadas com o desenvolvimento territorial (TAVARES, 2011).

Neste sentido, apresenta-se a mina de Carajás, e posteriormente o projeto Ferro Carajás S11D, localizado no sudeste do estado do Pará, pertencente ao município de Parauapebas, e que se caracteriza por apresentar-se como a maior mina de minério de ferro a céu aberto no mundo (VALE, 2018). Assim, por objetivos diagnosticados pela pesquisa, pode ser introduzido a avaliação da relação entre a Compensação Financeira pela Exploração dos Recursos Minerais (CFEM) com os principais indicadores socioeconômicos do município de Parauapebas, especialmente para aqueles que são diretamente impactados pelo uso dos recursos administrados pela compensação para o benefício da localidade (REYMÃO; ASSUNÇÃO; PEREIRA, 2020). Assim, como objetivo, pode ser introduzido a avaliação da contribuição para o desenvolvimento do município de Parauapebas a partir da CFEM, e a avaliação da eficiência da compensação aplicada para o dinamismo produtivo do território, para a independência dos recursos minerais.

2. METODOLOGIA

O estudo sobre a avaliação do impacto gerado pela mineração no município de Parauapebas parte com a análise dos objetivos de forma descritiva ao buscar a relação entre a compensação financeira com índices socioeconômicos do município. Além disso, pode ser observado a avaliação de uma abordagem qualitativa, que abrange o uso do controle sintético para utilização do método para a avaliação do impacto proporcionado, com o estabelecimento de um contrafactual capaz de averiguar o efeito da intervenção (ABADIE; DIAMOND; HAINMUELLER, 2015).

Assim, observa-se que o objeto de estudo é o município de Parauapebas, para a leitura do território são utilizados dados tratados que condizem com a discussão socioeconômica atual do município, são tomados como exemplo a avaliação do Produto Interno Bruto (PIB), a taxa de empregabilidade, o investimento público, o



acesso de famílias em serviços de esgotamento sanitário e em água tratável. Além disso, utiliza-se o método do controle sintético para inferir o impacto da compensação de forma que seja possível avaliar o território com outras localidades, como municípios mineradores, que receberam a CFEM e municípios não mineradores, que corresponderam com níveis de desenvolvimento socioeconômicos parecidos com o do município de Parauapebas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desta discussão, como forma de avaliar os indicadores do município de Parauapebas, é imprescindível identificar que os pressupostos dos benefícios retirados pela atividade devem estar destinados para um crescimento sustentado e sustentável, do município após o fim da exploração dos recursos naturais (ENRÍQUEZ, 2007; TANAKA, 2019). A classificação dos recursos naturais como exauríveis evidenciam a importância do papel do poder público e das políticas envolvidas, para a destinação correta da CFEM em maneiras a contribuir para a não dependência dos recursos. Assim, avalia-se a implementação da compensação de acordo com a restrição do ônus das operações para as próximas gerações e no trabalho de encontrar a possibilidade para o desenvolvimento sustentável (VIEIRA, 2003; OLIVEIRA; SANTANA; RIBEIRO, 2020).

Neste sentido, no momento da exploração dos recursos minerais, o conhecimento sobre o impacto dos recursos naturais demonstra uma contribuição recente para o estudo da mineração na região. Logo, somente torna-se possível analisar o município tratado de acordo com as características regionais da Amazônia, e que, portanto, a pesquisa retrata um tema com diversas abordagens a serem consideradas, especialmente a possibilidade de condição de melhoria dos indicadores na forma de comparação com as demais diferentes localidades.

Dessa forma, avalia-se que o retorno da compensação financeira, através dos royalties, permite uma melhoria da vida e do bem-estar dos residentes do território, tanto na formação do PIB, da empregabilidade, do montante aplicado em investimento público e do maior acesso à serviços de água e esgotamento sanitário. Vale destacar que os recursos são identificados como o principal mecanismo em poder dos entes federativos para proporcionar o desenvolvimento, especialmente o administração pública do município, responsável pela maior taxa do repasse da compensação e mais

próxima das demandas econômicas e sociais do território (SOUZA, 2005; ABREU *et al.*, 2021).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dessa forma, são destacados a atração de investimentos e a geração de emprego e renda para aqueles relacionados com a atividade. Considera-se, portanto, que o avanço dos indicadores socioeconômicos do município de Parauapebas está relacionado com a mineração. Entretanto, observa-se que a aplicação dos recursos obtidos pela compensação mineral pode estar em contradição com o montante recebido para a melhoria da qualidade do desenvolvimento municipal.

Sendo assim, considerando os recursos provenientes da CFEM, é imprescindível verificar o resultado das ações empenhadas pela aplicação destes recursos a partir do poder público devem alcançar uma melhoria das condições de vivência e bem-estar dos residentes, a partir da geração de efeitos positivos na economia, e com o processo desencadeado pelo impulso do setor mineral na região. Destaca-se que, a projeção dos resultados deve dialogar com o favorecimento da discussão da expansão mineral na região, especialmente para a partir do encontro das demandas necessárias para a melhoria do município tratado, bem como, pela identificação dos gargalos que se encontra Parauapebas para o avanço qualitativo dos indicadores utilizados na pesquisa.

REFERÊNCIAS

REYMAO, A. E. N.; ASSUNÇÃO, M. V. S.; PEREIRA, A. L. de C. J. A criação de um fundo de equalização de receitas para a CFEM como estratégia de justiça intergeracional em municípios mineradores do Pará. **Revista de Direito, Economia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 2, p. 01-20, 2020.

TAVARES, M. G. da C. A Amazônia brasileira: formação histórico-territorial e perspectivas para o século XXI. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, v. 15, n. 2, p. 107-121, 2011.

VALE. **Mineração**. Negócios. Disponível em <http://www.vale.com/brasil/PT/business/mining/iron-ore-pellets/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 17 jan. 2022.

ABADIE, A.; DIAMOND, A.; HAINMUELLER, J. Comparative politics and the synthetic control method. **American Journal of Political Science**, v. 59, n. 2, p. 495-510, 2015.



OLIVEIRA, A. Z. B. de; SANTANA, J. R. de; RIBEIRO, L. C. de S. Efeitos da mineração e da arrecadação de CFEM sobre a eficiência dos municípios baianos na promoção do desenvolvimento. **RDE - Revista de Desenvolvimento Econômico**, v. 1, n. 45, 2020.

VIEIRA, R. S. **Extrativismo mineral e crescimento econômico em municípios do Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais**. 2003. 75 f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2003.

ENRÍQUEZ, M. A. R. da S. **Maldição ou dádiva? Os dilemas do desenvolvimento sustentável a partir de uma base mineira**. 2007. 449 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília. Brasília, DF, 2007.

TANAKA, S. S. da P. **A CFEM como instrumento para melhoria de políticas públicas no município de Itaituba-PA**. 2019. 116 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Sociedade) – Instituto de Ciência da Sociedade, Universidade Federal do Oeste do Pará. Santarém, 2018.

SOUZA, C. Federalismo, desenho contitucional e instituições federativas no Brasil pós-1988. **Revista de sociologia e política**, Dossiê Federalismo, v. 24, p. 105-121, jun. 2005.

ABREU, B. P. de. **Mineração e desenvolvimento**: uma análise da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais–CFEM para a diversificação da economia em municípios mineradores de Minas Gerais. 2021. 122 f. Dissertação (Mestrado em Administração Pública) – Escola de Governo Professor Paulo Neves de Carvalho, Fundação João Pinheiro. Belo Horizonte, 2021.



TECNOLOGIA AMBIENTAL

🌀	Grupo de pesquisa - Apresentação	36
🌀	Seleção de espécies arbóreas para maximizar o sequestro de carbono em áreas de restauração florestal <i>Andrea Masae dos Santos Okabe</i>	37
🌀	O monitoramento ambiental de áreas degradadas como indicador de sustentabilidade na mineração <i>Fernanda Valente Penner</i>	42
🌀	Micropropagação de jaborandi (<i>Pilocarpus microphyllus</i> Stapf ex Ward) <i>Keila Jamille Alves Costa</i>	47
🌀	Cultivo ex situ de <i>Parapiqueria cavalcantei</i> para fins de conservação <i>Luana Costa da Silva</i>	52
🌀	Espécies de plantas nativas e exóticas na revegetação e na redução da perda de solo em taludes de mineração de ferro <i>Yorranna Kelly Rossy da Silva</i>	58



TECNOLOGIA AMBIENTAL

O grupo de Tecnologia Ambiental do ITV DS realiza pesquisas interdisciplinares com o intuito de promover o desenvolvimento de tecnologias ambientais que permitam otimizar as estratégias utilizadas para o planejamento ambiental das áreas afetadas pela mineração. Dentre os principais trabalhos desenvolvidos há os projetos voltados para preservação e conservação de espécies endêmicas na região de Carajás, bem como trabalhos sobre as espécies potenciais a serem utilizadas nos projetos de recuperação de áreas degradadas, estudos envolvendo as previsões do tempo, cobertura e uso do solo e demais pesquisas que permitam otimizar o monitoramento dessas áreas. As tecnologias desenvolvidas pelo grupo são resultados do esforço de profissionais qualificados que tem como preocupação proporcionar ferramentas que gerem mais qualidade ambiental e auxiliem nas tomadas de decisão. Esses produtos possibilitam o melhor planejamento operacional, gerando maior segurança e eficiência, além de maior produtividade e segurança nas operações da Vale.

SELEÇÃO DE ESPÉCIES ARBÓREAS PARA MAXIMIZAR O SEQUESTRO DE CARBONO EM ÁREAS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL

Andrea Masae dos Santos Okabe⁵

RESUMO: Diante da necessidade em mitigar as emissões de carbono advindas das atividades antrópicas, é imprescindível realizar restauração florestal por meio do plantio de espécies florestais que possam maximizar o sequestro de carbono em menor tempo possível, contribuindo com a meta brasileira de mitigação das mudanças climática. Dessa forma, este estudo tem como principal objetivo a seleção de espécies arbóreas visando a maximização do sequestro de carbono na região da bacia hidrográfica do Rio Itacaiúnas no Estado do Pará. A partir do levantamento de dados secundários e análises de inventários florestais será realizado o ranqueamento de espécies que mais estocam carbono, tendo como critério a taxa de mortalidade e de crescimento, a densidade da madeira das espécies listadas. Posteriormente, será utilizado o pacote BIOMASS para recuperar dados de densidade da madeira e calcular a biomassa acima do solo, por fim usar o fator de correção 0,5 *do Intergovernmental Panel for Climate Change* para estimar a quantidade de carbono por espécie. O levantamento de dados secundários apontou que é comum o uso de espécies da família Fabaceae em projetos de restauração por sua importância ecológica e rápido crescimento. O ranqueamento de espécies arbóreas por classe de aptidão poderá nortear com mais precisão quais espécies arbóreas são mais adequadas para maximizar o sequestro de carbono em larga escala nas áreas de restauração florestal.

Palavras-chave: restauração florestal; sequestro de carbono; características funcionais; seleção de espécies.

ABSTRACT: Faced with the need to mitigate carbon emissions from human activities, it is essential to carry out forest restoration through the planting of forest species that can maximize carbon sequestration in the shortest possible time, contributing to the Brazilian goal of mitigating climate change. Thus, this study has as main objective the selection of tree species in order to maximize carbon sequestration in the region of the Itacaiúnas River watershed in the State of Pará. From the collection of secondary data and analysis of forest inventories, the ranking of species that store the most carbon will be carried out, having as criteria the mortality and growth rate, the wood density of the listed species. Subsequently, the BIOMASS package will be used to retrieve wood density data and calculate aboveground biomass, finally using the Intergovernmental Panel for Climate Change correction factor of 0.5 to estimate the amount of carbon per species. The survey of secondary data showed that it is common to use species of the Fabaceae family in restoration projects due to their ecological importance and rapid growth. The ranking of tree species by aptitude class will be able to guide more precisely which tree species are most suitable for maximizing large-scale carbon sequestration in forest restoration areas.

⁵ Mestranda em Uso Sustentável dos Recursos Naturais em Regiões Tropicais, do Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável. E-mail: okabe.florestal@gmail.com.



Keywords: forest restoration; carbon sequestration; functional characteristics; species selection.

1. INTRODUÇÃO

A partir da necessidade de sequestrar carbono em larga escala para controlar o aumento da temperatura global, estabeleceu-se a “Década da ONU da Restauração de Ecossistemas” (de 2021 a 2030), sendo um apelo para promover a proteção, a conservação e a recuperação dos ecossistemas, trazendo benefícios socioeconômicos e ambientais por meio do uso sustentável de florestas (FEARNSIDE, 2016; ONU BRASIL, 2021).

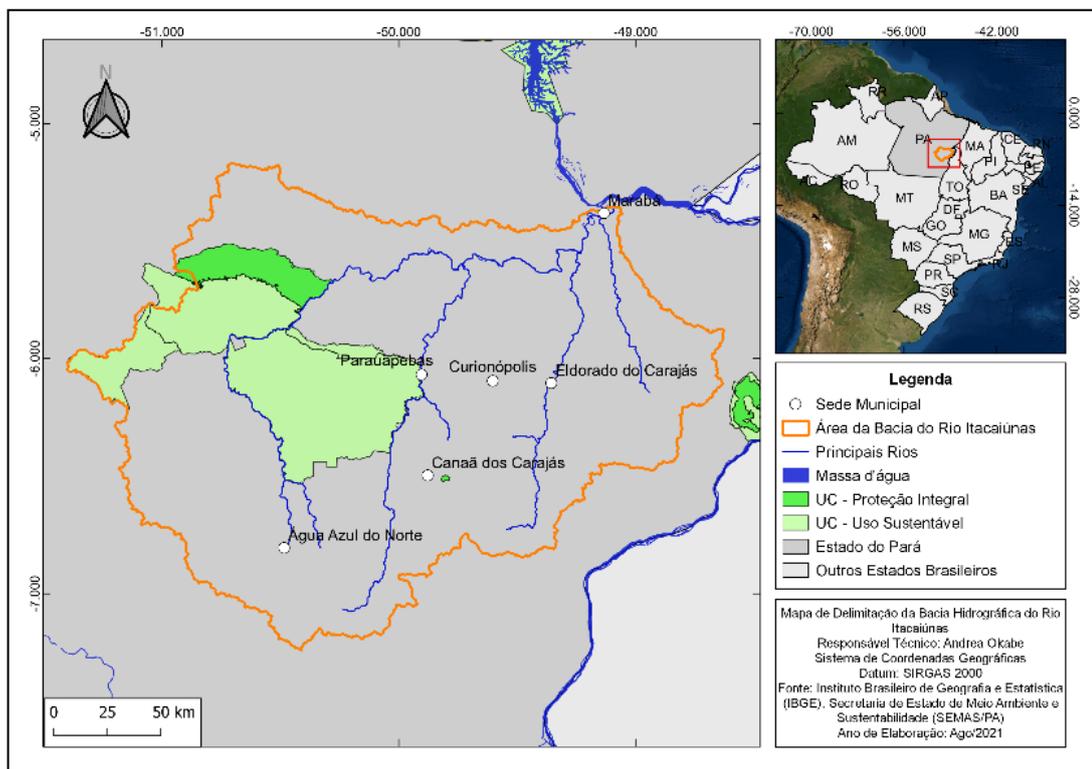
A Vale vem atuando na proteção e conservação da biodiversidade da Floresta Nacional de Carajás situado dentro dos limites da bacia hidrográfica do Rio Itacaiúnas (BHRI). Conforme estudos com imagens de satélite para o período de 1984 a 2013, foi constatado que a BHRI perdeu mais da metade de sua vegetação nativa ocasionado principalmente pelo avanço da pecuária, provocando grande perda de carbono (SOUZA-FILHO *et al.*, 2015). Nesse contexto e com o objetivo de se tornar carbono neutro até 2050, a Vale irá recuperar mais de 100 mil ha de florestas e proteger outros 400 mil ha com início dos trabalhos em 2021, contribuindo para conservação da biodiversidade, manutenção do clima, sequestro e estocagem de C entre outros serviços ecossistêmicos (MCDONALD *et al.*, 2016). Atualmente, a recuperação de áreas degradadas em grande escala é uma das poucas alternativas para retirar grande quantidade de CO₂ da atmosfera, combinando a redução das emissões de gases de efeito estufa e a conservação dos ecossistemas florestais existentes (BASTIN *et al.*, 2019).

Portanto, tendo em vista a perda de carbono ocasionado pelo desmatamento na BHRI e a necessidade de promover restauração florestal para mitigar os efeitos das mudanças climáticas, esta pesquisa teve como objetivo selecionar espécies florestais nativas que possam maximizar o sequestro de carbono em projetos de restauração florestal na BHRI. Para isso, deve ser considerado características funcionais desejáveis como índice de mortalidade, taxa de crescimento e densidade da madeira para favorecer a taxa de alocação de carbono aos tecidos vegetais (WRIGHT *et al.*, 2010).

2. METODOLOGIA

A área de estudo é compreendida pela Bacia Hidrográfica do Rio Itacaiúnas localizada no Sudeste Paraense (Figura 1). Esta bacia possui um pouco mais de 4,1 milhões de ha e seus maiores núcleos florestais estão concentrados em unidades de conservação (SOUZA-FILHO *et al.*, 2015).

Figura 1 - Mapa de delimitação da Bacia Hidrográfica do Rio Itacaiúnas no Estado do Pará.



Fonte: elaborado pela autora (2021).

Para listar as espécies arbóreas candidatas para maximização do sequestro de carbono será utilizado dados de inventários florestais do ITV e da Vale, dados do NeoTropTree e dados secundários de artigos publicados em revistas e/ou periódicos em que a área de estudo está localizada na área da BHRI ou em suas proximidades.

Para a quantificação da biomassa acima do solo por espécie será necessário informações de altura (h), diâmetro a altura do peito (dbh) e densidade da madeira (WD) para ser aplicado na equação 7 e 4 de Chave *et al.* (2014). Posteriormente, a AGB calculada será convertida em quantidade de carbono por meio do fator de conversão 0,47 do IPCC (2006). Para obter os dados de densidade da madeira das espécies listadas, será utilizado o pacote BIOMASS no R-Studio, no qual utiliza um banco de dados publicados do Zanne *et al.* (2009) e Thomas e Martin (2012) *apud*



Réjou-Méchain *et al.* (2017). Se as informações de h, dbh e WD não estiverem disponíveis para algumas espécies florestais, será aplicado a metodologia de imputação de dados com o uso de valores médios desses traços funcionais a nível de gênero ou de família, visto que as informações filogenéticas das espécies fazem parte de uma filogenia hierarquicamente organizada e tendem a apresentar características similares com espécies do mesmo nível hierárquico (DEBASTIANI; BASTAZINI; PILLAR, 2021).

O principal critério para o ranqueamento das espécies florestais será o estoque de carbono, levando-se em consideração a mortalidade, o crescimento em altura e diâmetro a altura do peito e a densidade da madeira. Portanto, quanto maior for o estoque de carbono das espécies florestais maior será seu ranque.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Até o presente, foram levantados dados de 1607 espécies candidatas, somando-se informações do conjunto de dados do NeoTropTree e do inventário florestal do ITV para florestas primárias.

De acordo com os levantamentos bibliográficos, foi comum observar a presença de espécies da família Fabaceae e Myrtaceae em projetos de restauração florestal e elas têm sido indicadas para revegetação de áreas perturbadas (ALMEIDA *et al.*, 2009). Segundo os mesmos autores, as Fabaceae têm grande importância ecossistêmica, suas características de fixar biologicamente o nitrogênio atmosférico para o solo, favorece o rápido estabelecimento e a incorporação de biomassa nos indivíduos. As Myrtaceae apresentam atratividade de insetos polinizadores e da fauna dispersoras de frutos e sementes.

Por meio de uma análise prévia dos dados do ITV sobre o estoque de carbono existente até o ano de 2019, foi constatado que há em torno 16629,76 Mg em biomassa acima do solo (AGB), obtendo-se um valor total aproximado de 7815,99 tC nas florestas primárias da BHRI analisadas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O agrupamento de espécies arbóreas candidatas por classe de aptidão levando-se em consideração características funcionais das espécies irá nortear com mais precisão quais espécies florestais poderão ser implantadas para maximizar o

sequestro de carbono e em menor tempo possível nas áreas em que a Vale irá restaurar.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. G. F. *et al.* Levantamento de espécies arbóreas de Matas Ciliares como subsídio a implantação de sistemas agroflorestais em áreas de agricultura familiar no Vale do Mucuri, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 2, p. 1999-2000, 2009.

DEBASTIANI, V. J.; BASTAZINI, V. A. G.; PILLAR, V. D. Usin phylogenetic information to impute missing functional traits values in ecological databases. **Ecological Informatics**, v. 63, p. 101315, 2021.

BASTIN, J-F. *et al.* The global tree restoration potencial. **Science**, v. 365, p. 76-79, 2019.

CHAVE, J. *et al.* Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. **Global Change Biology**, v. 20, n. 10, p. 3177–3190. 2014.

FEARNSIDE, P. M. Brazil's Amazonian forest carbon: the key to Southern Amazonia's significance for global climate. **Reg. Environ. Change**, v. 18, p. 47-61, 2018.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2006. **IPCC Workshop on Climate Sensitivity**. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/reports/>. Acesso em: 03 maio 2021.

MCDONALD, T. *et al.* International standards for the practice of ecological restoration – including principles and key concepts. **Society for Ecological Restoration**, v. 27, n. S1, special, 2019.

ONU BRASIL. **Sobre nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. 2021. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 16 maio 2021.

RÉJOU-MÉCHAIN, M.; TANGUY, A.; PIPONIOT, C.; CHAVE, J.; HÉRAULT, B. Biomass: an R package for estimating above-ground biomass and its uncertainty in tropical forests. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 8, p. 1163-1167, 2017.

SOUZA-FILHO, P. W. M. *et al.* Changes in the land cover and land use of the Itacaiúnas river watershed, arc of deforestation, Carajás, Southeastern Amazon. *In: INTERNACIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT*, 36^{th.}, May 2015, Berlin, Germany. **Proceedings...** ISPRS, 2015. p. 1491-1496.

WRIGHT, S. J. *et al.* Functional traits and the growth–mortality trade-off in tropical trees. **Ecology**, v. 91, p. 3664–3674, 2010.



TECNOLOGIA AMBIENTAL

O MONITORAMENTO AMBIENTAL DE ÁREAS DEGRADADAS COMO INDICADOR DE SUSTENTABILIDADE NA MINERAÇÃO

Fernanda Valente Penner⁶

RESUMO: Visando maximizar ações sustentáveis e possibilitar a existência de reservas para uso futuro, algumas empresas adotam metas para além do compromisso legal de gerir os recursos naturais. A recuperação das áreas degradadas visa o retorno da biodiversidade aos ambientes impactados pela mineração, bem como da funcionalidade do ecossistema, avaliada através do monitoramento biológico de diversos indicadores, a exemplo dos artrópodes, que desempenham funções ecológicas vitais. Para automatizar o processo de identificação de espécies nesse tipo de monitoramento, técnicas de identificação molecular, como o *metabarcoding*, têm sido empregadas para caracterizar a biodiversidade em larga escala, a partir de uma única amostra ambiental. Nesse contexto, o projeto objetiva fomentar o debate da sustentabilidade na mineração e evidenciar o quanto os projetos de pesquisa desenvolvidos no ITV estão comprometidos com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da ONU. O estudo será desenvolvido na Floresta Nacional de Carajás, Pará, nas áreas de RAD a partir da coleta de invertebrados por armadilhas do tipo *Malaise* e de amostras compostas de solo, em dois regimes de pluviosidade, ao longo de uma cronosequência de recuperação, incluindo área de 1 a 7 anos de idade de sucessão. Espera-se que nos ambientes avaliados os índices de diversidade taxonômica e funcional sejam maiores nas áreas mais preservadas, bem como que a similaridades seja maior entre as áreas que se encontram em estágio de sucessão mais avançado e a área de referência.

Palavras-chave: DNA; genômica; genética; biomonitoramento.

ABSTRACT: To maximize sustainable actions and enable the existence of reserves for future use, some companies adopt goals that go beyond the legal commitment to manage natural resources. The recovery of degraded areas aims to return biodiversity to environments impacted by mining, as well as ecosystem functionality, evaluated through the biological monitoring of various indicators, such as arthropods, which perform vital ecological functions. To automate the species identification process in this type of monitoring, molecular identification techniques, such as metabarcoding, have been used to characterize biodiversity on a large scale, from a single environmental sample. In this context, the project aims to promote the debate on sustainability in mining and show how much the research projects developed at ITV are committed to the UN's Sustainable Development Goals. The study will be carried out in the Carajás National Forest, Pará, in the areas of RAD from the collection of invertebrates by Malaise-type traps and composite soil samples, in two rainfall regimes, along a recovery chronosequence, including area from 1 to 7 years of age of succession. It is expected that in the evaluated environments, the taxonomic and functional diversity indexes

⁶ Mestranda em Uso Sustentável dos Recursos Naturais em Regiões Tropicais, do Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável. E-mail: fernandavpenner@gmail.com.

are higher in the more preserved areas, as well as that the similarities are greater between the areas that are in a more advanced stage of succession and the reference area.

Keywords: DNA; genomics; genetics; biomonitoring.

1. INTRODUÇÃO

Diversas atividades de cunho extrativista são exercidas sobre os ecossistemas naturais, das quais pode-se destacar a mineração como uma das de maior impacto, ocasionando a perda da biodiversidade e prejuízos diretos aos fluxos ecológicos. Nesse sentido, crescentes preocupações com o esgotamento dos recursos naturais vêm norteando a necessidade de realização de um desenvolvimento ecológico, social e econômico sustentável. Para isso, é necessário gerir o uso destes recursos, através de planos setoriais articulados que incluam uma visão holística por parte do poder público e da sociedade (SOUZA-FILHO, *et al.*, 2020).

Visando maximizar ações sustentáveis e reduzir a pressão direta nos ecossistemas naturais, algumas empresas a exemplo da Vale S.A, adotam metas para além do compromisso legal de gerir os recursos naturais e a reserva biológica (VALE, 2021). Conduzidas por organizações como a *Global Reporting Initiative* (Iniciativa Global de Informação) à sustentabilidade das suas atividades (GRI, 2013). Para isso, métodos de gestão ambiental como a chamada Hierarquia da Mitigação de Impactos (HMI) visam impedir a perda líquida da biodiversidade. Além disso, atingir metas globais de sustentabilidade, como os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos pela Organização das Nações Unidas (ONU) na Agenda 2030 (ARLIDGE *et al.*, 2018; SOUZA-FILHO *et al.*, 2020).

A recuperação das áreas degradadas (RAD) visa o retorno da biodiversidade aos ambientes impactados, bem como da funcionalidade do ecossistema (UNITED NATIONS, 2015). Através da inserção ou favorecimento do crescimento de espécies nativas e diversas outras técnicas. Para isso, é fundamental que exista o monitoramento periódico de parâmetros como a vegetação e a fauna nestas áreas, possibilitando acompanhar a evolução das técnicas implementadas. O biomonitoramento é vital para a avaliação da funcionalidade dos ecossistemas, especialmente de pequenos invertebrados como os artrópodes, que desempenham funções ecológicas essenciais, como a polinização e mirmecoria (CROSS *et al.*, 2019).



Com o intuito de automatizar o processo de identificação de espécies nestes monitoramentos, técnicas de identificação molecular, como o *metabarcoding*, têm sido empregadas. Estas possibilitam a caracterização da biodiversidade em larga escala, a partir da identificação em massa de espécimes em uma única amostra ambiental, reduzindo esforços de identificação e tempo de trabalho. Nesse contexto, o projeto intitulado “O retorno da Biodiversidade: monitoramento genético (*metabarcoding*) de áreas mineradas em fase de recuperação na Serra dos Carajás, Pará” foi apresentado no II Workshop de Pós-graduação e Pesquisa do Instituto Tecnológico Vale. Objetivando fomentar o debate da sustentabilidade na mineração e evidenciando o quanto os projetos de pesquisa desenvolvidos no ITV estão comprometidos com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da ONU.

2. METODOLOGIA

O projeto será desenvolvido na Floresta Nacional de Carajás, Pará, mais especificamente nas áreas de RAD que compreendem as pedreiras de areia e as pilhas de estéril do complexo N4-N5, a partir da coleta de amostras compostas de invertebrados por armadilhas do tipo *Malaise* e de amostras de solo, em dois regimes de pluviosidade: um período correspondente seco e outro chuvoso para a região Norte. Destas, será extraído o DNA presente, para posterior identificação genética dos artrópodes, por meio do chamado *metabarcoding*. Serão avaliados índices ecológicos como diversidade, riqueza e abundância, em áreas com diferentes estágios de sucessão, classificadas quanto ao estágio de recuperação em inicial, intermediário e avançado; além de, para fins de comparação, uma área natural como alvo referência da reabilitação.

A identificação molecular será realizada através da amplificação via Reação da Cadeia da Polimerase (*Polymerase Chain Reaction* ou PCR) para a região do DNA capaz de identificar cada espécie. É importante ressaltar que, já que o foco de identificação são os artrópodes, será utilizado um fragmento do gene Citocromo Oxidase I (COI), marcador molecular utilizado para animais. Em seguida será realizado o sequenciamento massivo em uma plataforma *Illumina*, cujos dados obtidos serão processados através de técnicas computacionais de bioinformática, com a utilização de um pipeline específico, e comparados com bancos de dado de referência para atribuir dados taxonômicos às sequências.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O monitoramento biológico é uma ferramenta eficaz para a avaliação das tendências ambientais quando se objetiva identificar a qualidade nestes locais, bem como o grau de evolução das técnicas de restauração aplicadas (Fahner, *et al.*, 2016). A obtenção de índices ecológicos pode fornecer informações cruciais acerca do reestabelecimento de processos ecológicos para a RAD, de modo que estes resultados possam predizer que as áreas em estágio mais avançado estão tendo uma ascensão na manutenção e estabelecimento das populações do que as mais jovens, ratificando o sucesso da recomposição.

Esse tipo de monitoramento demonstra uma variação substancial na composição de espécies de um ambiente para outro, especialmente em um ecossistema tão singular como o encontrado nas Cangas ferríferas de Carajás. Assim, espera-se que nos ambientes avaliados os índices de diversidade taxonômica e funcional sejam maiores nas áreas mais preservadas, bem como que a similaridade seja maior entre as áreas que se encontram em estágio de sucessão mais avançado e a área de referência, já que estas detêm maior disponibilidade de abrigo e alimento, e conseqüentemente mais interações ecológicas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a detectar do sucesso de um projeto de Recuperação de Áreas Degradadas e viabilizar a futura autosustentabilidade do ecossistema a ser recuperado, é indispensável que seja realizado o monitoramento periódico dos processos ecológicos que ali ocorrem. Este acompanhamento possibilita quantificar o grau de evolução da sucessão ecológica, alinhando a execução do projeto aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da ONU, mais especificamente ao objetivo 15, que trata da vida na terra.

O II *Workshop*, além de viabilizar a exposição das pesquisas desenvolvidas no instituto ao público externo, difundindo conhecimento, nos possibilitou compreender a importância de se fomentar debates acerca da sustentabilidade, trazendo *feedbacks* valiosos para o crescimento pessoal e profissional não só de nós, discentes, mas também dos demais pesquisadores do ITV e de outras instituições que participaram do evento.

REFERÊNCIAS



ARLIDGE, W. N. S. *et al.* A global mitigation hierarchy for nature conservation. **BioScience**, v. 68, p. 336-347, 2018. DOI [10.1093/biosci/biy029](https://doi.org/10.1093/biosci/biy029)

CROSS, A. T. *et al.* Nitrogen limitation and calcifuge plant strategies constrain the establishment of native vegetation on magnetite mine tailings. **Plant and Soil**, v. 461, n. 1-2, 2019. DOI [10.1007/s11104-019-04021-0](https://doi.org/10.1007/s11104-019-04021-0)

FAHNER, N. A. *et al.* Large-Scale Monitoring of Plants through Environmental DNA Metabarcoding of Soil: Recovery, Resolution, and Annotation of Four DNA Markers. **Plos One**, v. 11, n. 6. 2016. DOI [10.1371/journal.pone.0157505](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0157505)

SUSTAINABILITY Reporting Guidelines. Boston, MA: GRI, 2013.

SOUZA-FILHO, P. W. M. *et al.* The sustainability index of the physical mining Environment in protected areas, Eastern Amazon. **Environmental and Sustainability Indicators**, v. 8, dec. 2020. DOI [10.1016/j.indic.2020.100074](https://doi.org/10.1016/j.indic.2020.100074)

UNITED NATIONS. Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. 2015. Disponível em: <https://sdgs.un.org/sites/default/files/publications/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf>. Acesso em: 15 set. 2021.

GUIMARÃES, L. S. L.; GIANNINI, T. C. **Vale e Biodiversidade**. Vale, 2021. Disponível em: http://www.vale.com/PT/sustainability/Documents/biodiversidade/docs/BOOK_Vale%20Biodiversidade_PT.pdf. Acesso em: 14 set. 2021.

MICROPROPAGAÇÃO DE JABORANDI (*Pilocarpus microphyllus* Stapf ex Wardl)

Keila Jamille Alves Costa⁷

RESUMO: *Pilocarpus microphyllus* Stapf ex Wardl. é considerado popularmente como jaborandi verdadeiro por possuir maiores teores de pilocarpina em suas folhas, um alcaloide imidazólico intensamente utilizado na oftalmologia. Populações naturais de jaborandi sofreram uma redução de aproximadamente 50%, ocasionados pelos desmatamentos e coletas intensivas em áreas sem plano de manejo. Estudos na Floresta Nacional de Carajás encontraram indivíduos de jaborandi com elevados teores de pilocarpina. Realizar a propagação em larga escala de mudas oriundas destas plantas poderá permitir o plantio de mudas selecionadas com maior potencial de produção de pilocarpina e contribuir para a conservação da espécie por reduzir a pressão de coleta em ambientes naturais. A propagação do jaborandi é realizada por meio de sementes recém coletadas, porém esse tipo de produção de mudas é afetado pela redução significativa na viabilidade das sementes quando armazenadas. A técnica de micropropagação é utilizada pela possibilidade de manutenção da identidade genética dos indivíduos reproduzidos. O objetivo é desenvolver um protocolo eficiente de micropropagação de *P. microphyllus*, proporcionando a propagação clonal. Serão realizados experimentos referentes a micropropagação como o estabelecimento *in vitro*, indução de brotações e raízes, utilizando diferentes explantes, meios de cultura e diferentes concentrações de reguladores de crescimento. As plântulas geradas passarão por processo de aclimatização em casa de vegetação. Espera-se que ao final do estudo seja possível indicar um protocolo eficiente para a micropropagação de jaborandi, bem como o estabelecimento de parâmetros de qualidade da germinação *in vitro*.

Palavras-chave: conservação; cultivo *in vitro*; pilocarpina.

ABSTRACT: *Pilocarpus microphyllus* Stapf ex Wardl. is popularly considered as true jaborandi for having higher levels of pilocarpine in its leaves, an imidazole alkaloid intensely used in ophthalmology. Natural populations of jaborandi suffered a reduction of approximately 50%, caused by deforestation and intensive collection in areas without a management plan. Studies in the Carajás National Forest found jaborandi individuals with high levels of pilocarpine. Carrying out the large-scale propagation of seedlings from these plants may allow the planting of selected seedlings with greater potential for pilocarpine production and contribute to the conservation of the species by reducing the pressure of collection in natural environments. The propagation of jaborandi is carried out by means of newly collected seeds, but this type of seedling production is affected by the significant reduction in the viability of the seeds when stored. The micropropagation technique is used for the possibility of maintaining the genetic identity of the reproduced individuals. The objective is to develop an efficient protocol for micropropagation of *P. microphyllus*, providing clonal propagation. Experiments related to micropropagation will be carried out, such as *in vitro* establishment, induction of

⁷ Mestranda em Uso Sustentável dos Recursos Naturais em Regiões Tropicais, do Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável. E-mail: keilajamille@gmail.com



shoots and roots, using different explants, culture media and different concentrations of growth regulators. The generated seedlings will undergo an acclimatization process in a greenhouse. It is expected that at the end of the study it will be possible to indicate an efficient protocol for the micropropagation of jaborandi, as well as the establishment of quality parameters for in vitro germination.

Keywords: conservation; in vitro cultivation; pilocarpine.

1. INTRODUÇÃO

Pilocarpus microphyllus Stapf ex Wardl. (Rutaceae), é considerado o jaborandi verdadeiro devido possuir ampla distribuição e teores mais altos de pilocarpina em suas folhas (1%) em relação as outras espécies do gênero *Pilocarpus*, sendo a única fonte natural da mesma (COSTA *et al.*, 2016). A pilocarpina é um alcaloide imidazólico muito utilizado no tratamento de glaucoma na forma de cloridrato (KOROLKOVAS; FRANÇA, 2006). A Floresta Nacional de Carajás (FLONA de Carajás) é uma área sugerida como uma das maiores reservas naturais remanescentes da espécie, além de poder permitir aprimorar planos de manejo e uso, devido ser uma região que conserva grande parte de suas populações nativas (CALDEIRA *et al.*, 2017; CORRÊA *et al.*, 2020).

A área de ocorrência da espécie diminuiu expressivamente devido à redução de seus habitats naturais provocados pelo desmatamento para expansão de pastagens, além da exploração predatória durante a coleta de folhas do jaborandi sem um plano de manejo adequado (GRABHER, 2015). Assim, desde 1992 a espécie consta na Lista Oficial das Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção, e na atual Portaria nº 443 do Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2014).

A propagação de plantas de jaborandi é comumente realizada por produção de mudas via sementes recém coletadas, permitindo germinação de até 96%, devido a espécie produzir um número substancial de sementes viáveis (MENESES *et al.*, 2007). No entanto, a produção de mudas de *P. microphyllus* pode ser onerosa devido à redução significativa na viabilidade das sementes quando armazenadas mesmo em condições adequadas e por ter um crescimento lento.

A micropropagação é uma técnica que consiste no cultivo de células ou tecidos vegetais sob condições químicas e físicas apropriadas. É uma alternativa eficiente de multiplicação no que se refere às dificuldades na propagação seminal de espécies nativas, pois contribui para finalidades comerciais (maior potencial produtivo e longevidade no campo) e para conservação de recursos genéticos, que possam ser



multiplicadas e disponibilizadas como matrizes (FERNANDES, 2013). Estudos realizados pelo Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável na FLONA de Carajás, mostram que algumas plantas de *P. microphyllus* dispõem elevados teores de pilocarpina (> 2% da matéria seca, enquanto a média encontrada no extrativismo é de aproximadamente 1%). Dessa maneira, o desenvolvimento de um protocolo de micropropagação para o jaborandi, permitirá a produção de mudas com alto padrão de qualidade fitossanitária, homogeneidade genética, viabilizando futuros subsídios para obtenção mudas-elite para o cultivo desta espécie. Portanto, o objetivo deste estudo é desenvolver um protocolo de micropropagação de jaborandi (*P. microphyllus*) permitindo a propagação clonal.

2. METODOLOGIA

As sementes de *Pilocarpus microphyllus* serão coletadas na FLONA de Carajás/PA. A micropropagação será composta de estabelecimento *in vitro*, indução de brotações e de raízes e aclimatização. No estabelecimento *in vitro*, as sementes de jaborandi serão desinfestadas e inoculadas em tubos de ensaio contendo dois meios de cultura: meio MS (MURASHIGE; SKOOG, 1962) com a metade da concentração de sais e meio WPM-Woody Plant Medium (LLOYD; MCCOWN, 1981), suplementados com diferentes concentrações de sacarose (0,0%; 1,5% e 3,0%) e esterilizados em autoclave. A incubação será realizada em câmara de crescimento tipo Fitotron®, mantidos sob fotoperíodo de 16h: 8h para dia: noite e temperatura constante de 25 °C. Na etapa de indução de brotação os explantes serão provenientes do ensaio anterior e consistirão em ápices caulinares e segmentos nodais. Os explantes serão inoculados em tubos de ensaio contendo os meios de cultura anteriormente utilizados suplementados com diferentes citocininas: 6-benzilaminopurina e cinetina (0,0; 1,0; 2,0; 3,0 mg L⁻¹) e diferentes concentrações do antioxidante polivinilpropilona (0,0; 1,0; 1,5 mg L⁻¹). A incubação será realizada nas mesmas condições ambientais do experimento anterior. Após 30 dias de cultivo *in vitro*, serão avaliados o número de brotos por explante, comprimento do maior broto e o percentual de sobrevivência dos explantes.

Para indução das raízes *in vitro*, as brotações serão excisadas ao final do ensaio anterior, e inoculados em frascos de vidro contendo os meios de cultura suplementado com diferentes combinações de auxinas: ácido indol-3-butírico (0,0; 2,0; 3,0 mg L⁻¹), e α -naftalenoacético (0,0; 1,5; 2,0 mg L⁻¹) e do antioxidante carvão



ativado (0,0; 1,0; 2,0 mg L⁻¹). Após 30 dias de cultivo *in vitro*, serão avaliados a cada ensaio o percentual de enraizamento, número de raízes e o comprimento da raiz principal.

As brotações obtidas do ensaio anterior serão transplantadas para tubetes contendo areia + serragem 1:1 v/v e, em seguida serão transferidas para casa de vegetação sob sombrite 50%. Os tubetes contendo as brotações serão envoltos com embalagem plástica transparente, para a manutenção de alta umidade relativa no ambiente. Serão realizadas aberturas na embalagem em intervalos de 7 dias, até sua completa remoção aos 21 dias. As plantas serão regadas periodicamente para reposição de água perdida por evapotranspiração. Decorridos 60 dias do início da aclimatização serão avaliados o percentual de sobrevivência e tamanho de mudas. Os dados serão submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste t de Student. Para os demais tratamentos serão realizadas curvas de respostas as concentrações de reguladores de crescimento.

3. RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se ao final do estudo indicar um protocolo eficiente para a micropropagação de jaborandi de forma a viabilizar a clonagem de plantas com potencial de produção de altos teores de pilocarpina.

50

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A propagação em larga escala destas plantas micropropagadas permitirá o plantio de mudas selecionadas com maior potencial de produção de pilocarpina, reduzindo a pressão pela exploração predatória da espécie em ambiente natural. Devido a propagação clonal dessas matrizes, produzir grandes quantidades de mudas com uniformidade genética e de alta qualidade fitossanitária é etapa fundamental para estabelecimento do cultivo da espécie. O desenvolvimento desse estudo é imprescindível para a contribuição de informações congruentes sobre a propagação da espécie de jaborandi, além de estreitar a escassez de material bibliográfico.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério de Meio Ambiente. Portaria MMA nº 443, de 17 de dezembro de 2014. **A MINISTRA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE, no uso de suas atribuições, e tendo em vista o disposto na Lei no 10.683, de 28 de maio de**



2003, no Decreto no 6.101, de 26 de abril de 2007, e na Portaria nº 43, de 31 de janeiro de 2014 [...] Disponível em:

http://cncflora.ibri.gov.br/portal/static/pdf/portaria_mma_443_2014.pdf. Acesso em: 03 set 2021.

CALDEIRA, C. F. *et al.* Sustainability of Jaborandi in the eastern Brazilian Amazon. **Perspectives in ecology and conservation**, v. 15, n. 3, p. 161-171, 2017.

COSTA, F. G. *et al.* Parcerias institucionais e evolução do extrativismo de jaborandi na Floresta Nacional de Carajás, Pará, Brasil. **Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2016.

CORRÊA, W. P. M. *et al.* **Diversidade genética de *Pilocarpus microphyllus* na Flona de Carajás - PA**. Belém: ITV, 2020. (Relatório Técnico N022/2020). DOI 10.29223/PROD.TEC.ITV.DS.2020.22.Correa.

FERNANDES, F. R. **Limpeza clonal de batata-doce: produção de matrizes com elevada qualidade fitossanitária**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2013. (Série Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 117.).

GRABHER, C. **A governança e a sustentabilidade do extrativismo do jaborandi na Amazônia e transição para o Cerrado e a Caatinga**. 2015. 312 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural) – Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2015.

KOROLKOVAS, A.; FRANÇA, F. F de A. C. **Dicionário terapêutico guanabara**. Guanabara Koogan, 2006.

MENESES, A. A. S. *et al.* Efeito de substratos na germinação de sementes em genótipos de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus*) Stapf ex Holm. *In*: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRA, 4.; SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, 10., 2007, Belém. **Anais...** Belém: UFRA/Embrapa Amazônia Oriental, 2007.



TECNOLOGIA AMBIENTAL

CULTIVO EX SITU DE *Parapiqueria cavalcantei* PARA FINS DE CONSERVAÇÃO

Luana Costa da Silva⁸

RESUMO: A exploração insustentável dos recursos naturais contribui para degradação de ecossistemas com fragmentação e perda de habitats, elevando o número de espécies ameaçadas ou as conduzindo à extinção. A Floresta Nacional de Carajás (FLONA de Carajás), apesar de dominada por florestas ombrófilas, também abriga ecossistemas de *canga*, formações montanhosas com condições abióticas adversas ao crescimento vegetal, formando hotspots de biodiversidade e endemismo. A espécie *Parapiqueria cavalcantei* (Asteraceae), é considerada rara e microendêmica das *cangas* de Carajás. Esta região tem sofrido intensas alterações ambientais, marcadamente em seu ciclo hidrológico, além de abrigar um dos maiores complexos minerais do mundo, favorecendo condições que elevam o risco de perda da espécie. Este estudo objetiva avaliar a germinação e o crescimento de *P. cavalcantei* em diferentes substratos visando seu cultivo *ex situ* e verificação do seu potencial de adaptação a ambiente remanescente da atividade mineral. O estudo será conduzido no Instituto Tecnológico Vale em Belém/Para. As sementes foram obtidas na Serra Sul de Carajás, serão germinadas e cultivadas em topsoil de *canga*, substrato orgânico comercial (Jiffy-7[®]) e substrato estéril remanescente da mineração. O substrato estéril de mineração receberá fertilizações, sendo tratamentos com NPK, NPK + micronutrientes e adição de matéria orgânica (10%). Cada tratamento será composto por 13 plantas cultivadas em vasos de 0.26 dm³ em condições controladas (câmara de cultivo). As plantas serão monitoradas diariamente para reposição da água perdida por evapotranspiração. Serão realizadas avaliações de crescimento (biometria) e desenvolvimento (fenologia e produção de sementes). Serão conduzidos análises bioquímicas e de anatomia foliar e radicular. Com estes resultados espera-se contribuir para o aumento do conhecimento acerca da biologia desta espécie, seu potencial de adaptação a outros ambientes e contribuir para sua conservação.

52

Palavras-chave: germinação; crescimento; desenvolvimento; adaptação; endemismo.

ABSTRACT: The unsustainable exploitation of natural resources contributes to the degradation of ecosystems with fragmentation and loss of habitats, increasing the number of threatened species or leading them to extinction. The Carajás National Forest (FLONA de Carajás), despite being dominated by ombrophilous forests, also shelters *canga* ecosystems, mountain formations with abiotic conditions that are adverse to plant growth, forming hotspots of biodiversity and endemism. The species *Parapiqueria cavalcantei* (Asteraceae) is considered rare and microendemic of the *cangas* of Carajás. This region has undergone intense environmental changes, markedly in its hydrological cycle, in addition to housing one of the largest mineral complexes in the world, favoring conditions that increase the risk of loss of the species. This study aims to evaluate the germination and growth of *P. cavalcantei* in different substrates aiming its *ex situ* cultivation and verification of its adaptation potential to

⁸ Mestranda em Uso Sustentável dos Recursos Naturais em Regiões Tropicais, do Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável. E-mail: luanacostaisaias@gmail.com.



the environment remaining from the mineral activity. The study will be conducted at Instituto Tecnológico Vale in Belém/Para. The seeds were obtained in Serra Sul de Carajás, will be germinated and cultivated in canga topsoil, commercial organic substrate (Jiffy-7®) and sterile substrate remaining from mining. The sterile mining substrate will receive fertilization, being treatments with NPK, NPK + micronutrients and addition of organic matter (10%). Each treatment will consist of 13 plants grown in 0.26 dm³ pots under controlled conditions (culture chamber). The plants will be monitored daily to replace the water lost by evapotranspiration. Growth (biometrics) and development (phenology and seed production) will be evaluated. Biochemical and leaf and root anatomy analyzes will be conducted. With these results it is expected to contribute to the increase of knowledge about the biology of this species, its potential to adapt to other environments and contribute to its conservation.

Keywords: germination; growth; development; adaptation; endemism.

1. INTRODUÇÃO

A exploração insustentável dos recursos naturais e a intensificação do desmatamento, podem contribuir para o avanço da degradação de ecossistemas, fragmentação florestal, perdas de habitats (NEWSOME *et al.*, 2017) e a extinção de espécies (SCHMIDT *et al.*, 2014). A conservação da biodiversidade e a redução da extinção de espécies são uns dos desafios ambientais de alta complexidade, apresentando preocupação em nível global (SOBKOWIAK *et al.*, 2020) e são parte dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da agenda 2030 das Nações Unidas.

A Floresta Nacional de Carajás (FLONA de Carajás), apesar de dominada por florestas ombrófilas, também abriga ecossistemas de *canga*, os quais apresentam temperaturas elevadas, solos rasos, condições abióticas adversas, e são considerados como hotspots de biodiversidade (TRINDADE *et al.*, 2020). Os hotspots de biodiversidade são áreas exclusivas que apresentam altas concentrações de biodiversidade, endemismo e ameaça de extinção (MARCHESE, 2015). A espécie *Parapiqueria cavalcantei*, pertencente à família Asteraceae, é encontrada nas *cangas* de Carajás (VIANA *et al.*, 2016), sendo uma espécie rara e microendêmica das áreas de *canga* da Serra Sul de Carajás, (CRUZ; VIANA; SANTOS, 2016).

A planta possui um pequeno porte, alcançando cerca de 15 cm de altura, com folhas sésseis, capitulescência tirosídeo-panicliforme, com flores brancas, cipsela prismática, glabra, pápus ausente, espatulada a obovada, hifódroma, diminutamente pubescente, com tricomas enegrecidos no ápice (CRUZ; VIANA; SANTOS, 2016). A área de ocorrência de *P. cavalcantei* tem sofrido intensas alterações ambientais, marcadamente em seu ciclo hidrológico, além de abrigar um dos maiores complexos



minerais do mundo (SOUZA-FILHO *et al.*, 2016), favorecendo condições que elevam o risco de perda da espécie.

Uma das principais medidas de conservação que pode ser aplicada após o processo de germinação de sementes é o cultivo *ex situ* da espécie (RAUSCHKOLB *et al.*, 2019). Por isso, objetiva-se avaliar a germinação e o crescimento de *P. cavalcantei* em diferentes substratos visando fornecer subsídios para programas de conservação.

2. METODOLOGIA

As sementes da *P. cavalcantei* serão coletadas no corpo de *canga* S11C da Serra Sul (coordenadas UTM 568015- L e 9295636-S), localizado no município de Canaã dos Carajás no sudeste do Pará (MOTA *et al.*, 2018). O estudo será conduzido no Laboratório de Cultivo de Plantas no Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável (ITV DS) em Belém/PA.

Após germinação, as plântulas serão cultivadas em três substratos, sendo: topsoil de *canga*, substrato orgânico comercial (Jiffy-7[®]) e estéril de mineração. O estéril de mineração será coletado em local representativo no complexo minerador S11D e o topsoil de *canga* no S11C. Após a coleta, os substratos serão secos ao ar. As propriedades físicas e químicas do substrato serão determinadas após a homogeneização e peneiramento em malha de 4 mm.

O substrato estéril de mineração receberá fertilizações, sendo subdividido em tratamentos com NPK, NPK + micronutrientes e adição de matéria orgânica (10% v/v). Cada tratamento será composto por 13 repetições/plantas. As plantas serão cultivadas em vasos de 0.26 dm³ em condições controladas (câmara de cultivo do tipo Fitotron[®]) com fotoperíodo de 12:12h, densidade de fluxo de fótons fotossintéticos (PPFD) (comprimento de onda entre 400 - 700 nm) de 80 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, um regime de temperatura de dia / noite de 28/20 °C e umidade relativa de 60%.

As variáveis produção de sementes, biomassa da parte aérea e radicular serão quantificadas ao término do estudo. Serão realizadas as medições em 500 sementes. Comprimento, largura e espessura serão obtidos por meio com uso da lupa (Zeiss Axio Imager M2 light microscope). O peso será medido em uma balança analítica de precisão (0,0001 g). A umidade das sementes será determinada pesando 10 repetições de 50 sementes antes e após a secagem em estufa a 105°C até peso constante. Os resultados serão demonstrados através da relação da porcentagem de



água com base na massa fresco, segundo a International Seed Testing Association (ISTA, 2009). Para medir a área foliar específica serão coletadas folhas desenvolvidas e digitalizadas por meio de scanner (Epson PRO). Serão analisadas por meio do software Image J, secas em estufa de circulação forçada de ar até peso constante e determinada a massa seca (SCHNEIDER; RASBAND; ELICEIRI, 2012). Para quantificar a concentração de pigmentos serão utilizadas amostras coletadas de folhas, totalmente desenvolvidas. Para a extração de clorofilas, o método original de Hiscox & Israelstam (1979) será usado.

Para determinar o teor das Chla e Chlb (BELTRÃO *et al.*, 2011) e a concentração de carotenoides (Car) será feita a partir de equações propostas por Wellburn (1994). A capacidade oxidativa total, peroxidação lipídica e as enzimas catalase e superóxido desmutase serão quantificadas de folhas completamente expandidas. O processo de extração e quantificação será realizado por meio dos kits Sigma-ALdrich (19160-1KT-F, MAK085, CAT100 e MAK187) conforme recomendações do fabricante. Para anatomia foliar e radicular serão utilizadas amostras de folhas frescas que serão coletadas e fixadas em AA 70% (formaldeído, ácido acético glacial e etanol 70% 1:1:18) por 72 horas, depois, serão transferidas para solução de álcool etílico a 70% (JOHANSEN, 1940).

Os dados obtidos serão verificados através do teste de Shapiro-Wilk para averiguar se seguem distribuição normal. Caso seja confirmado a normalidade, os dados serão submetidos a Análise de Variância (ANOVA), caso mostre diferença estatística, será realizado o teste de comparação de médias (Tukey HSD). Caso não sejam paramétricos, os dados serão submetidos ao teste de Kruskal-Wallis ou teste de Mann-Whitney. Todas as análises serão avaliadas considerando o intervalo de confiança de 95% ($P < 0,05$) e serão realizadas no ambiente de programação R (R Core Team) por meio da interface RStudio versão 3.4.

3. RESULTADOS ESPERADOS

Os resultados contribuirão para avançar no conhecimento de *P. cavalcantei* e buscar meios que possam contribuir para conservação desta espécie. Os testes permitirão verificar a viabilidade de cultivo *ex situ* em condições controladas por meio de substrato orgânico comercial, assim como avaliará o potencial de crescimento e desenvolvimento em ambiente remanescente da mineração. Sendo também cultivada em topsoil de *canga* como controle, será possível verificar possíveis adaptações



fisiológicas (morfoanatômicos e bioquímicas) às condições submetidas, o que permitirá à identificação de caracteres adaptativos importantes para a conservação da espécie.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A espécie *P. cavalcantei* encontra-se nas proximidades de um dos maiores empreendimentos da Vale, o projeto S11D, sendo alvo de possíveis impactos ambientais. A proposta de estudo com esta espécie contribui para a conservação da mesma e ainda favorece aos compromissos de uso sustentável de recursos naturais, fornecendo subsídios para evitar perdas líquidas de espécies, conforme estabelecidos nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 no programa das Nações Unidas.

REFERÊNCIAS

BELTRÃO, N. E. M. *et al.* Trocas gasosas e características fisiológicas em plantas de algodoeiro sob diferentes temperaturas. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 8.; COTTON EXPO, 1., 2011, São Paulo. Anais...* Campina Grande: Embrapa Algodão, 2011. p. 1234–1241. 1 CD-ROM.

CRUZ, A. P. O. *et al.* Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: Asteraceae. **Rodriguésia**, v. 67, nº 5, especial, p. 1211–42, 2016. DOI [10.1590/2175-7860201667520](https://doi.org/10.1590/2175-7860201667520).

HISCOX, J. D.; ISRAELSTAM, G. F. A Method for Extraction of Chlorophyll from Leaf Tissue without Maceration. **Canadian Journal of Botany**, v. 57, p. 1332-1334, 1979.

BEZERRA, L. *et al.* (orgs.). **Plano de pesquisa geossistemas ferruginosos da Floresta Nacional de Carajás: temas prioritários para pesquisa e diretrizes para ampliação do conhecimento sobre os geossistemas ferruginosos da Floresta Nacional de Carajás e seu entorno.** Brasília, DF: ICMBIO, 2017.

INTERNATIONAL RULES FOR SEED TESTING (IRST). **Seed Science and Technology**. Zurichstr.50, 2009.

JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique.** Londres: McGraw-Hill, 1940.

MARCHESE, C. Biodiversity Hotspots: A Shortcut for a More Complicated Concept. **Global Ecology and Conservation**, v. 3, p. 297–309, jan. 2015. DOI [10.1016/j.gecco.2014.12.008](https://doi.org/10.1016/j.gecco.2014.12.008).

MOTA, N. F.O. *et al.* Amazon canga: the unique vegetation of Carajás revealed by the list of seed plants. **Rodriguésia**, n. 69, p. 1435–1487, 2018.



NEWSOME, T. M. *et al.* Top Predators Constrain Mesopredator Distributions. **Nature Communications**, v. 8, n. 1, p. 15469, ago. 2017. DOI [10.1038/ncomms15469](https://doi.org/10.1038/ncomms15469).

RAUSCHKOLB, R. *et al.* Plant Populations of Three Threatened Species Experience Rapid Evolution under Ex Situ Cultivation. **Biodiversity and Conservation**, v. 28, n. 14, p. 3951–69, dez. 2019. DOI [10.1007/s10531-019-01859-9](https://doi.org/10.1007/s10531-019-01859-9).

SOUZA-FILHO, P. W. M. *et al.* Quatro décadas de mudanças na cobertura, uso do solo e hidroclimatologia na bacia do rio Itacaiúnas, sudeste da Amazônia. **J Environ Gerenciar**, v. 167, p. 175-84, 2016. DOI [10.1016/j.jenvman.2015.11.039](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.11.039).

SCHMIDT, J. W. *et al.* Stat5 Regulates the Phosphatidylinositol 3-Kinase/Akt1 Pathway during Mammary Gland Development and Tumorigenesis. **Molecular and Cellular Biology**, v. 34, n. 7, p. 1363–77, abr. 2014. DOI [10.1128/MCB.01220-13](https://doi.org/10.1128/MCB.01220-13).

SCHNEIDER, C. A.; RASBAND, W. S.; ELICEIRI, K. W. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. **Nature Methods**, v. 9, n. 7, p. 671–675, 2012.

SOBKOWIAK, M.; CUCKSTON, T.; THOMSON, I. Framing sustainable development challenges: Accounting for SDG-15 in the UK. **Accounting, Auditing & Accountability Journal**, v. 33, n. 7, p. 1671–1703, 2020.

TRINDADE, F. C. *et al.* Metaproteomes Reveal Increased Capacity for Stress Tolerance of Soil Microbes in Ferruginous Tropical Rocky Outcrops. **Pedobiologia**, v. 81–82, p. 150664, set. 2020. DOI [10.1016/j.pedobi.2020.150664](https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2020.150664).

VIANA, P. L. *et al.* Flora of the cangas of the Serra dos Carajás, Pará, Brazil: history, study area and methodology. **Rodriguésia**, v. 67, n. 5, p. 1107-1124. 2016.

WELLBURN, A. R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal of Plant Physiology**, v. 144, n. 3, p. 307–313, 1994.



ESPÉCIES DE PLANTAS NATIVAS E EXÓTICAS NA REVEGETAÇÃO E NA REDUÇÃO DA PERDA DE SOLO EM TALUDES DE MINERAÇÃO DE FERRO

Yorranna Kelly Rossy da Silva⁹

RESUMO: A seleção de espécies promissoras e adequadas, assim como o conhecimento de seus efeitos no solo e ambiente são fundamentais para o sucesso de projetos de reabilitação. Portanto, o objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos de três diferentes coquetéis de sementes na fertilidade do solo, cobertura do solo e no controle da erosão de dois taludes de mineração no Complexo S11D (BDS06 e Dique 3), na Serra dos Carajás. Os coquetéis utilizados nas parcelas experimentais foram: espécies comerciais(a); espécies nativas de canga (b); e a combinação de sementes nativas e exóticas(c), mas o tratamento controle sem adição de coquetel. Foi realizada a hidrossemeadura e a aplicação de fertilizante NPK. Aos 12 e 24 meses de instalação do experimento foram analisadas a fertilidade do solo, e aos 4, 12 e 24 meses a erosão e cobertura vegetal. A fertilidade do solo aumentou com o tempo de instalação em todas as áreas, inclusive nas parcelas Controle. Dentre as áreas estudadas, a maior cobertura vegetal foi encontrada na parcela (b) no talude BDS06. No talude Dique 3 a cobertura vegetal não diferiu significativamente entre as parcelas experimentais. A menor perda de solo foi encontrada na parcela (b). Por fim, a fertilização favoreceu o desenvolvimento da vegetação, que com o passar do tempo conseguiu se manter a partir da ciclagem dos nutrientes. As espécies nativas apresentaram grande potencial para serem usadas em atividades de revegetação, devido à alta cobertura e menores perdas de solo.

58

Palavras-chave: Carajás (PA); reabilitação; pilhas de estéril.

ABSTRACT: The selection of promising and suitable species, as well as the knowledge of their effects on the soil and environment are fundamental for the success of rehabilitation projects. Therefore, the aim of the present study was to evaluate the effects of three different seed cocktails on soil fertility, soil cover and erosion control of two mining slopes in Complex S11D (BDS06 and Dike 3), in Serra dos Carajás. The cocktails used in the experimental plots were: commercial species(a); native species of canga (b); and the combination of native and exotic seeds(c), but the control treatment without addition of cocktail. Hydroseeding and application of NPK fertilizer were carried out. At 12 and 24 months of experiment installation, soil fertility was analyzed, and at 4, 12 and 24 months, erosion and vegetation cover. Soil fertility increased with time of installation in all areas, including the Control plots. Among the areas studied, the highest vegetation cover was found in plot (b) on slope BDS06. On the Dike 3 slope, the vegetation cover did not differ significantly between the experimental plots. The lowest soil loss was found in plot (b). Finally, fertilization favored the development of vegetation, which over time managed to maintain itself from the cycling of nutrients. The native

⁹ Mestranda em Uso Sustentável dos Recursos Naturais em Regiões Tropicais, do Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável. E-mail: yorrannarossy2@hotmail.com.



species showed great potential to be used in revegetation activities, due to the high coverage and lower soil losses.

Keywords: Carajás (PA); rehabilitation; sterile piles.

1. INTRODUÇÃO

A Serra dos Carajás, localizada no sudoeste do estado do Pará, abriga uma das maiores minas de minério de ferro a céu aberto do mundo (VASCONCELOS *et al.*, 2016). Neste tipo de extração mineral, grandes quantidades de materiais estéreis são geradas, as quais são geralmente depositadas em grandes pilhas (PARADELLA *et al.*, 2015). Nessas áreas, além da capacidade de retenção de nutrientes ser consideravelmente reduzida, o risco de erosão do solo é alto (MA *et al.*, 2019), dificultando a restauração das funções do ecossistema.

A reabilitação de áreas impactadas pela mineração tem como um de seus objetivos a recuperação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos, visando à redução dos impactos gerados (GASTAUER *et al.*, 2019). Para a revegetação dessas áreas, o uso de espécies nativas de rápido crescimento que melhoram o aporte de matéria orgânica e nutrientes e protegem o solo contra a erosão é recomendado (SHEORAN *et al.*, 2010). Para seleção de espécies promissoras para atividade de revegetação são necessárias informações sobre a ecologia dessas espécies (GIANNINI *et al.*, 2016). No entanto, informações sobre seleção e propagação de espécies nativas ainda são muito escassas (NUSSBAUMER *et al.*, 2016).

Além da seleção de espécies promissoras, a melhoria nos atributos do solo também é necessária. Os substratos a serem recuperados, geralmente, apresentam condições impróprias ao desenvolvimento das plantas, como por exemplo, baixa agregação, baixos teores de nutrientes e matéria orgânica (SILVA *et al.*, 2018). Características estas que tornam o processo de reabilitação um grande desafio. Diversos estudos na região de Carajás vêm sendo desenvolvidos buscando identificar quais espécies nativas são adequadas para a atividade de revegetação nas áreas impactadas pela mineração (GIANNINI *et al.*, 2016; SILVA *et al.*, 2018; GASTAUER *et al.*, 2020).

Assim, o objetivo do estudo foi avaliar o processo de revegetação de taludes de mineração do Complexo S11D Eliezer Batista de exploração de minério de ferro, Amazônia Oriental, a partir de três diferentes coquetéis vegetais e seus efeitos na diminuição da erosão do solo. Espera-se que os resultados gerados neste trabalho



contribuam na seleção dos coquetéis de sementes mais adequados para utilização em projetos de recuperação ambiental em áreas da mineração de ferro.

2. METODOLOGIA

A área de estudo está localizada no Complexo S11D Eliezer Batista, Amazônia Oriental. Os taludes, Dique 3 e BDS06, foram selecionados para avaliar o uso de coquetéis de espécies comerciais e nativas no processo de revegetação. Um hidrossemeador foi utilizado para realizar a aplicação de diferentes coquetéis de sementes, caracterizando as parcelas experimentais: (a) “Comercial” contendo cinco espécies comerciais; (b) “Nativa” contendo onze espécies nativas da canga; (c) “Mix” com a combinação de espécies comerciais e nativas; (d) “Controle” que não recebeu a aplicação da hidrossemeadura. Durante a hidrossemeadura, as parcelas experimentais receberam a aplicação dos seguintes insumos: NPK 04-14-08, mulch, composto orgânico e fixador AG60.

Para a caracterização química dos solos foram coletadas amostras compostas na profundidade de 0-10 cm, em ambos os taludes e parcelas experimentais. A determinação da textura do solo foi realizada pelo método da pipeta, de acordo com Santos *et al.* (2009). Para o monitoramento da perda de solo, foi estimada a diminuição da superfície do solo (SANTOS *et al.*, 1998) e a cobertura do solo foi determinada a partir da escala de cobertura Braun-Blanquet (MUELLER-DOMBOIS; ELENBERG, 1974). As análises de fertilidade foram realizadas ao 12 e 24 meses após instalação do experimento e a cobertura e perda de solo foram analisadas aos 4, 12 e 24 meses. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software R. Os atributos químicos e físicos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), sinalizadas pelo algoritmo de Scott-Knott. Os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variância foram checados pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que com o passar do tempo quase todos os nutrientes analisados apresentaram incremento nos seus teores, inclusive na parcela Controle, onde não houve aplicação de fertilizante. Possivelmente, estabelecimento da vegetação favoreceu o acúmulo de matéria orgânica e conseqüentemente o aumento da fertilidade nos tratamentos.



Quanto a perda de solo, as parcelas Controle de ambos os taludes apresentaram a maior perda de solo, enquanto a menor perda de solo foi observada nas parcelas com o uso de sementes nativas de Carajás. Quanto a cobertura vegetal, foi observado maior vigor das espécies nativas nos taludes, o que contribuiu na maior cobertura do solo, sobretudo no talude BDS06. Verificou-se que as espécies nativas de Carajás, que são frequentemente usadas nas atividades de revegetação, apresentaram semelhante ou maior cobertura vegetal que espécies comerciais nos taludes do Dique 3 e BDS 06

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estabelecimento da vegetação e o acúmulo de matéria orgânica contribuem para a manutenção da fertilidade do solo e ciclagem de nutrientes. As espécies nativas de Carajás apresentam bom desempenho na cobertura de taludes de mineração de ferro na Amazônia.

REFERÊNCIAS

GASTAUER, M. *et al.* Mine land rehabilitation: Modern ecological approaches for more sustainable mining. **Journal of Cleaner Production**, v. 172, p. 1409-1422, 2018.

GASTAUER, M. *et al.* Mine land rehabilitation in Brazil: Goals and techniques in the context of legal requirements. **Ambio**, v. 48, p. 74-88. 2019.

GASTAUER, M. *et al.* Vegetative functional traits guide plant species selection for initial mineland rehabilitation. **Ecological Engineering**, v. 148, p. 105763, 2020.

GIANNINI, T. C. *et al.* Selecting plant species for practical restoration of degraded lands using multiple-trait approach. **Austral Ecol**, v. 42, p. 510-521, 2016.

MA, K. *et al.* Land Subsidence in a Coal Mining Area Reduced Soil Fertility and Led to Soil Degradation in Arid and Semi-Arid Regions. **Int. J. Environ. Res. Public Health**., v. 16, p. 3929, 2019. DOI 10.3390/ijerph16203929.

NUSSBAUMER Y, *et al* Cole MA, Offler C, Patrick JW. Identifying and ameliorating nutrient limitations to reconstructing a forest ecosystem on mined land. **Rest Ecol**. 2016; 24: 202–211.

PARADELLA, W. R. *et al.* Mapping surface deformation in open pit iron mines of Carajás Province (Amazon Region) using an integrated SAR analysis. **Eng. Geol.**, v. 193, p. 61-78, 2015.



SANTOS A. D. *et al.* **Análise manual de análises de solos, plantas e fertilizantes.** 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

SILVA, J. R. *et al.* Initial growth of Fabaceae species: Combined effects of topsoil and fertilizer application for mineland revegetation. **Flora**, v. 246–247, p. 109–117, 2018.

VASCONCELOS, J. M. *et al.* Metalliferous soils: chemical attributes in different phytophysionomies of the Serra Sul, Serra dos Carajás, Pará, Brazil. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat.**, Belém, v. 11, p. 49-55, 2016.

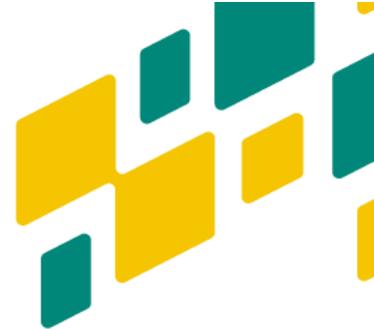


GEOLOGIA AMBIENTAL E RECURSOS HÍDRICOS

🌀	Grupo de pesquisa – Apresentação	64
🌀	Procedimentos operacionais para a casa de analisadores da Barragem do Gelado, Parauapebas, Pará <i>Helena Pereira Almeida</i>	65
🌀	Ação antrópica na Bacia do Mearim: análise espacial nas áreas de influência da Estrada de Ferro Carajás (EFC) <i>Jéssica Pinto Assunção</i>	69
🌀	O uso da cartilha como instrumento de educação ambiental para a Bacia Hidrográfica do Rio Itacaiúnas <i>Sarah Brasil de Araújo de Miranda</i>	74
🌀	Avaliação de atributos físico hídricos do solo em áreas de floresta, pasto e transição na Bacia Hidrográfica do Rio Itacaiúnas (BHRI) <i>Tatiane Barbareilly Serra Souza Moraes</i> <i>Renato Oliveira Silva Júnior</i>	79



Grupo de pesquisa – Apresentação



GEOLOGIA AMBIENTAL E RECURSOS HÍDRICOS

O grupo de Geologia Ambiental e Recursos Hídricos desenvolve estudos interdisciplinares voltados para a caracterização do meio físico e compreensão de sua evolução. Os estudos têm como foco, principalmente, a bacia do Rio Itacaiúnas, que é de grande interesse para a Vale. Dessa forma, os trabalhos desenvolvidos vão desde a compreensão dos processos de formação das lagoas e da canga ferruginosa (lateritas) da região de Carajás, bem como das cavernas associadas, além de avaliar os processos supergênicos e as dinâmicas de formação da paisagem. Importante frisar as pesquisas desenvolvidas para o monitoramento e gestão dos recursos hídricos presentes na Floresta Nacional de Carajás que é de fundamental importância para as ações de planejamento ambiental visando a manutenção e preservação desses ecossistemas

PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS PARA A CASA DE ANALISADORES DA BARRAGEM DO GELADO, PARAUAPEBAS, PARÁ

Helena Pereira Almeida¹⁰

RESUMO: Visando a mitigação de danos ambientais aos recursos hídricos da Região de Carajás e, em contribuição à uma política global alinhada com os objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS), está sendo desenvolvido o projeto de monitoramento *online* da Barragem do Gelado, localizada no município de Parauapebas. Este projeto consiste na instalação da Casa de Analisadores Online (*Shelter*), cujo objetivo é abrigar um conjunto de instrumentos analíticos e sondas que realizarão o monitoramento contínuo de parâmetros químicos e físico-químicos dos efluentes da Barragem. Para garantir a segurança, a padronização e a qualidade das análises, foram desenvolvidos, neste trabalho, Procedimentos Operacionais Padronizados (PRO's) que tem por objetivo descrever as atividades relacionadas à saúde, à segurança, ao preparo de soluções reagentes e à instrumentação.

Palavras-chave: mineração; barragem de rejeitos; monitoramento ambiental.

ABSTRACT: Aiming at mitigating environmental damage to the water resources of the Carajás Region and, in contribution to a global policy aligned with the objectives of sustainable development (SDG), the online monitoring project of the Gelado Dam, located in the municipality from Parauapebas. This project consists of the installation of the Online Analyzers House (Shelter), whose objective is to house a set of analytical instruments and probes that will carry out the continuous monitoring of chemical and physical-chemical parameters of the dam's effluents. To ensure the safety, standardization and quality of the analyses, Standard Operating Procedures (PRO's) were developed in this work, which aim to describe activities related to health, safety, preparation of reagent solutions and instrumentation.

Keywords: mining; tailings dam; environmental monitoring.

1. INTRODUÇÃO

As barragens de rejeitos dispõem de grande quantidade de rejeito, chamado de polpa, que por sua vez é constituído de 70% de água e 30% de sólidos. Estes podem ser de granulometria fina ou grossa e sedimentam no interior da barragem em um processo conhecido como flotação (MARTINI *et al.*, 2016). A parte líquida do

¹⁰ Mestranda em Uso Sustentável dos Recursos Naturais em Regiões Tropicais, do Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável. E-mail: helalmeidape@gmail.com.



rejeito é chamada de efluente e a sua qualidade deve ser continuamente monitorada como garantia da qualidade dos recursos hídricos em regiões que são exploradas pela mineração, pois podem conter poluentes em potencial, daí a importância do seu monitoramento contínuo e de conhecer as características e o comportamento das espécies químicas presentes à longo prazo (CABLE; DENG, 2018)

Por esta razão, em uma iniciativa do Instituto Tecnológico VALE (ITV/DS) e da Gerência de Meio Ambiente da Vale, a Casa de Analisadores (*Shelter*) foi instalada à jusante da Barragem do Gelado, em Parauapebas. O objetivo é realizar o monitoramento contínuo de parâmetros químicos e físico-químicos de indicadores da qualidade da água, de acordo com o Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA que estabelece limites de contaminantes inorgânicos em efluentes industriais. Além de, futuramente, realizar projeções e emitir alertas com relação a concentração de poluentes, nos efluentes.

O *Shelter* abriga 3 instrumentos analíticos de fabricação da Empresa Metrohm, que são eles: o modelo 2045TI, 2045VA e PROCESS IC. Estes analisadores realizarão a determinação dos seguintes parâmetros: Al³⁺ (Alumínio), Cd Total (Cádmio), Pb Total (Chumbo), Co Total (Cobalto), Cu Total (Cobre), Fe Total (Ferro), Mn Total (Manganês), Ni (Níquel), Hg (Mercúrio) e P (Fósforo) e pH.

Com o objetivo de padronizar os procedimentos associados ao projeto de monitoramento online, este trabalho teve por intenção construir PRO'S (procedimentos operacionais) que orientem atividades na Casa de Analisadores, como: Preparo de soluções para as análises, gerenciamento de resíduos, normas de segurança, e procedimentos para instrumentação analítica.

2. METODOLOGIA

Os Procedimentos Operacionais para os analisadores foram desenvolvidos com base em treinamentos ministrados pela equipe "Metrohm", empresa responsável pelo projeto do *shelter* e analisadores. Para classificar os riscos existentes no *Shelter*, foi realizada a classificação de riscos de acordo com o Programa de Proteção de Riscos Ambientais (PPRA) estabelecido pela norma NR-09 e NR-01 do Ministério do Trabalho e construído um mapa de riscos. O Gerenciamento e Armazenamento de Resíduos gerados pela *shelter* foi definido com base na PGS 000719 de Gerenciamento de Resíduos da Vale.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram elaborados 8 PRO's para a aplicação na Casa de Analisadores que se resumem em: Preparo de soluções para os instrumentos 2045VA, 2045TI e PROCESS IC onde foi abordada a aplicação de cada solução utilizada no shelter e todo procedimento de preparo de soluções, Normas de Segurança para Casa de Analisadores onde são listadas as principais normas que devem ser cumpridas em caso de permanência no *Shelter*, Gerenciamento e Armazenamento de Resíduos da Casa de Analisadores onde foram classificados os reagentes químicos utilizados no shelter e seus processos de destinação e por fim, o PRO de procedimentos básicos para Instrumentação que aborda os principais aspectos técnicos de cada analisador.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este trabalho espera-se garantir o cumprimento das normas de segurança, saúde e meio ambiente no *shelter* e padronizar as atividades relacionadas a rotina de monitoramento online, bem como o funcionamento dos métodos analíticos utilizados.

REFERÊNCIAS

MARTINI, R. J. *et al.* Deposição de rejeitos de minério de ferro em reservatórios: uma aplicação do método GPR. **Revista Ambiente & Água**, [S. l.], v. 11, n. 4, 2016. DOI [10.4136/ambi-agua.1831](https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1831)

CABLE, E.; DENG, Y. Trace elements in atmospheric wet precipitation in detroit metropolitan area: levels and possible sources. **Chemosphere**, [S. l.], 2018. DOI [10.1016/j.chemosphere.2018.07.103](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.07.103)

SILVA JÚNIOR, R. de O. *et al.* **Desenvolvimento de metodologia para monitoramento online de água superficial em bacias de rejeitos**. Belém: ITV, 2019. (Relatório Técnico N027/2019) DOI [10.29223/PROD.TEC.ITV.DS.2019.27.SilvaJúnior](https://doi.org/10.29223/PROD.TEC.ITV.DS.2019.27.SilvaJúnior)

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13035**: Planejamento e instalação de laboratórios para análise e controle de águas. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ISO NBR 17025**: Requisitos gerais para competência de ensaio e calibração. Rio de Janeiro: ABNT, 2001a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14725**: Ficha de informações de segurança de produtos químicos - FISPQ. Rio de Janeiro: ABNT,



2001b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16725:**
Resíduo Químico - Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente - Ficha
com dados de segurança de resíduos químicos e rotulagem. Rio de Janeiro: ABNT,
2014.

AÇÃO ANTRÓPICA NA BACIA DO MEARIM: ANÁLISE ESPACIAL NAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DA ESTRADA DE FERRO CARAJÁS (EFC)

Jéssica Pinto Assunção¹¹

RESUMO: A Bacia do Mearim é uma região em fase de transformação na qual apresenta significativos impactos ambientais decorrentes da ação antrópica. Sua importância para o Estado do Maranhão se revela, sobretudo, por ser a maior bacia hidrográfica do Estado e devido à contribuição na economia, tendo a Estrada de Ferro Carajás (EFC) instalada em seu território. Os dados apresentados neste trabalho são os resultados parciais da primeira etapa da pesquisa, que consiste no levantamento de dados secundários referentes a caracterização da área de estudo, em que expõe algumas das problemáticas ambientais e sociais presentes na bacia e revela a necessidade de realizar uma análise espacial da ação antrópica na região do Mearim.

Palavras-chave: meio ambiente; sustentabilidade; geoprocessamento.

ABSTRACT: The Mearim Basin is a region undergoing transformation in which it has significant environmental impacts resulting from human action. Its importance for the State of Maranhão is revealed, above all, for being the largest hydrographic basin in the State and due to the contribution to the economy, having the Carajás Railroad (EFC) installed in its territory. The data presented in this work are the partial results of the first stage of the research, which consists of collecting secondary data referring to the characterization of the study area, in which it exposes some of the environmental and social problems present in the basin and reveals the need to carry out an analysis of human action in the Mearim region.

Keywords: environment; sustainability; geoprocessing.

1. INTRODUÇÃO

Os impactos ambientais têm influência direta na qualidade dos recursos hídricos e compromete a qualidade de vida da população que se utiliza desse recurso, por isso a necessidade de realizar análises espaciais, pois proporciona uma dimensão mais detalhada dos eventos e processos que ocorrem no território (LIMA; ROSA; FILHO, 1989). Dessa forma, a escala deste trabalho está voltada para a Bacia Hidrográfica do Mearim (BHM), localizada no Estado do Maranhão. A escolha deste

¹¹ Mestranda em Uso Sustentável dos Recursos Naturais em Regiões Tropicais, do Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável. E-mail: jessica.assuncao1996@gmail.com.



recorte espacial se justifica em razão de ser a maior bacia hidrográfica em área do Maranhão ocupando 29,6% da área total do estado (UEMA, 2016), na qual compreende 83 municípios do Maranhão, sendo que 50 estão totalmente inseridos no vale do Mearim, e os demais se situam parcialmente na BHM (CODEVASF, 2019).

Além disso, A BHM também possui importância econômica e social, pois a partir da Estrada de Ferro Carajás (EFC), escoam a produção de minério e transportam passageiros do sudeste do Pará até o Terminal Portuário Ponta da Madeira (São Luís, Maranhão). O percurso da EFC se estende por vários municípios localizados na BHM, fato este que reforça a necessidade de estudar os territórios em que a Vale atua, uma vez que são observadas externalidades negativas e positivas ao longo de todo o corredor de infraestrutura de logística da ferrovia. Diante do exposto, o objetivo geral é analisar os dados secundários socioambientais na Bacia do Mearim referentes a caracterização da área de estudo. Todavia, levando em consideração a posterior realização da análise espacial na bacia e análise temporal nas áreas de influência da EFC a fim de verificar tanto os impactos ambientais como a expansão urbana na região.

2. METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos adotados envolvem quatro etapas de trabalho, que se configuram nesta ordem: i) caracterização da área de estudo; ii) análise espacial da cobertura vegetal, uso e ocupação do solo; iii) levantamento de dados socioambientais secundários; e iv) correlação dos dados secundários com o resultado da análise espacial.

Para o levantamento e organização de dados secundários, foi feita revisão bibliográfica das informações socioeconômicas das regiões que constituem o território da bacia do Mearim. As principais referências utilizadas no levantamento de dados foram obtidas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, na sessão que trata sobre -população e socioeconomia-; Agência Nacional de Águas (ANA), na sessão que trata sobre Saneamento básico e gestão dos recursos hídricos; Atlas de Socioeconomia da Estrada de Ferro Carajás do Instituto Tecnológico Vale (ITV); MAPBIOMAS e IMAZON, nos setores que tratam sobre desmatamento e cobertura vegetal.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o relatório do plano de preservação e recuperação de nascentes da bacia do Rio Mearim, as várias ameaças ambientais nas nascentes, nas margens dos rios, nos lagos e nas encostas chamam a atenção ao longo do Rio Mearim e seus afluentes. Observa-se, em grande parte da bacia, a ocupação irregular, o avanço do desmatamento em importantes áreas de recarga de aquíferos, inclusive pelas áreas de nascentes e matas ciliares e o uso e manejo inadequado dos solos, principalmente em função das práticas agropecuárias inadequadas, que acarretam processos erosivos, salinização e, em alguns casos, formação de áreas desertificadas (CODEVASF, 2019).

O serviço de tratamento de água no Estado do Maranhão é precário, e ao analisar a região do Mearim (tabela 1), dos 57 municípios que não possuem tratamento de água, 19 estão localizados na Bacia do Mearim.

Tabela 1 - Dados de abastecimento de água no Estado do Maranhão.

Total Geral de Municípios no Maranhão	217
Total de municípios abastecidos	216
Total de Municípios com tratamento de água	157
Total de municípios sem tratamento de água	57

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017).

Segundo dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), não existem aterros sanitários em nenhuma sede municipal do Estado do Maranhão. Especialmente nas bacias de Mearim e Itapecuru, além do esgoto bruto, os rios são locais de despejo de resíduos sólidos domiciliares e hospitalares de algumas cidades (BRASIL, 2005).

Conforme a tabela 2, dos 83 municípios que fazem parte da bacia do Mearim, apenas 4 possuem coleta de esgoto sanitário, fato que revela a situação precária das condições sanitárias.



Tabela 2 - Dados de coleta de esgoto sanitário na Bacia do Mearim.

Total Geral de Municípios no Maranhão	217
Total Geral de municípios na Bacia do Mearim	83
Municípios no Maranhão com coleta de esgoto sanitário	15
Municípios da bacia do Mearim com coleta de esgoto sanitário	4

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017).

A falta de coleta de esgoto é um problema que afeta toda Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental (BRASIL, 2005). Na bacia do Rio Mearim, a qualidade das águas superficiais encontra-se constantemente ameaçada por atividades antrópicas, que degradam o meio ambiente, tais como: falta de saneamento básico; lançamento de esgotos domésticos e efluentes industriais, não tratados, e descartados diretamente nos corpos d'água; uso intensivo de insumos agrícolas próximos às margens dos rios (CODEVASF, 2019).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Outros dados precisam ser analisados para a caracterização da área de estudo, que forneçam um panorama mais completo da situação social e ambiental da região. Correlacionar os dados populacionais do IDHM com os dados de saneamento para averiguar a situação infra estrutural dos municípios pertencentes a bacia do Mearim. Por fim, a análise espacial compreende a uma importante etapa da pesquisa, na qual será feito o mapeamento do uso do solo na bacia com a utilização de geotecnologias.

72

REFERÊNCIAS

BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA). **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil**. Brasília, DF: ANA, SPR, 2005.

BRANDÃO, L. A. D. S. **O sistema ferroviário brasileiro - Estrada de Ferro Carajás**. WebArtigos, publicado em: 19 mar. 2008. Disponível em: <https://www.webartigos.com/artigos/o-sistema-ferroviario-brasileiro-estrada-de-ferro-carajas/4800>. Acesso em: 10 ago. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa nacional de saneamento básico 2017**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pnsb/pnsb-2017>. Acesso em: 10 ago. 2021.



LIMA, S. do C.; ROSA, R.; FELTRAN FILHO, A. Mapeamento do uso do solo no município de Uberlândia-MG, através de imagens TM/LANDSAT. **Sociedade & Natureza**, [S. l.], v. 1, n. 2, 2021. DOI: 10.14393/SN-v1-1989-60677.

PORTO, L. L. da M. A.; MOTTA, E. J. de O.; SOUZA, C. C. de. (orgs.). **Plano Nascente Mearim**: plano de preservação e recuperação de nascentes da bacia hidrográfica do rio Mearim. Brasília, DF: Codevasf, 2019.



GEOLOGIA AMBIENTAL E RECURSOS HÍDRICOS

O USO DA CARTILHA COMO INSTRUMENTO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITACAIÚNAS

Sarah Brasil de Araújo de Miranda¹²

RESUMO: A degradação dos recursos hídricos vem comprometendo cada vez mais a qualidade da vida e limitando o fornecimento de água potável para a população. No estado do Pará, com toda a sua extensão, no que diz respeito aos recursos hídricos, ainda não há uma prática de implementação de Comitês de Bacia Hidrográficas. Visto que, os comitês têm como principais atribuições aprovar o Plano de Recursos Hídricos da Bacia, diminuir os conflitos pelo uso da água, assim como, fazer a gestão e planejamento dos rios e cursos d'água pertinentes. A Bacia Hidrográfica do Rio Itacaiúnas, localizada no sudeste do Pará, é exemplo de necessidade urgente do estabelecimento de Governança da Água. Para tanto, se faz necessária a adoção de práticas de educação ambiental, buscando a sensibilização dos diferentes *Stakeholders* que utilizam a Bacia. Diante disso, este estudo tem como objetivo desenvolver promover a Educação Ambiental por meio de ferramentas educacionais à exemplo da cartilha “Gestão de Bacia Hidrográfica: Por usos mais sustentáveis do rio Itacaiúnas”, visando transformar valores, nivelar conceitos e comportamentos das diferentes partes interessadas que se utilizam das águas desta bacia. A cartilha destinou-se principalmente a população local e demais interessados no tema, desta maneira apresentou-se com linguagem simples e de fácil entendimento e compreensão. Por fim, espera-se que o presente estudo diagnóstico, juntamente com seus resultados, possam colaborar de forma significativa para a criação do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Itacaiúnas.

74

Palavras-chave: bacia hidrográfica; *stakeholders*; educação ambiental; comitê; cartilha.

ABSTRACT: The degradation of water resources is increasingly compromising the quality of life and limiting the supply of drinking water to the population. In the state of Pará, with all its extension, with regard to water resources, there is still no practice of implementing Hydrographic Basin Committees. Since, the committees have as main attributions to approve the Water Resources Plan of the Basin, reduce conflicts over the use of water, as well as manage and plan the relevant rivers and watercourses. The Itacaiúnas River Basin, located in the southeast of Pará, is an example of an urgent need for the establishment of Water Governance. Therefore, it is necessary to adopt environmental education practices, seeking to raise the awareness of the different Stakeholders who use the Basin. Therefore, this study aims to develop the promotion of Environmental Education through educational tools such as the booklet “Water Basin Management: For more sustainable uses of the Itacaiúnas River”, aiming to transform values, leveling concepts and behaviors of the different stakeholders that use the waters of this basin. The booklet was mainly intended for the local population and others interested in the subject, in this way it was presented in simple language that was easy

¹² Mestranda em Uso Sustentável dos Recursos Naturais em Regiões Tropicais, do Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável. E-mail: sarahbrasildam@gmail.com.

to understand and understand. Finally, it is expected that the present diagnostic study, together with its results, can contribute significantly to the creation of the Itacaiúnas River Watershed Committee.

Keywords: watershed; stakeholders; environmental education; committee; primer.

1. INTRODUÇÃO

A ocupação desordenada juntamente com a pressão crescente por recursos naturais demanda constantemente novas áreas de exploração, desencadeando e por vezes, acelerando os desequilíbrios ambientais. Na Amazônia, tem-se a ocorrência periódica de chuvas intensas e as consequentes inundações que somadas ao uso desordenado da terra tem provocado significantes desastres ambientais (ROSA; GAIOFATTO, 2019).

Para Araújo *et al.* (2019) as discussões acerca da importância da água vêm permeando alguns debates sobre diversos problemas nos recursos hídricos como: a preservação dos recursos hídricos; má gestão; a percepção da população, tudo isso somado a falta de comitês de bacias. Este assunto também tem ganhado espaço junto à sociedade com a elaboração de projetos que objetivam envolver a comunidade local na preservação dos rios e no consumo consciente da água.

A bacia hidrográfica do Rio Itacaiúnas (BHRI), localizada no sudeste do Pará, tem como seu principal rio, o rio Itacaiúnas, sendo este o mais impactado pela crescente demanda populacional. Entretanto, a partir de 2012, o Instituto Tecnológico Vale (ITV) iniciou o Projeto Itacaiúnas, com o propósito de gerar estudos e analisar os impactos que cercam a bacia (SILVA JÚNIOR, 2017). Nesse contexto, o ITV Desenvolvimento Sustentável (ITV DS), desenvolveu o Projeto de Pesquisa Monitoramento de Eventos Críticos da Bacia Hidrográfica do Rio Itacaiúnas (MEC-BHRI), que se divide em 6 subprojetos que visam ampliar o conhecimento sobre a Agenda 2030 da ONU, além de responder às lacunas do *Environmental, Social and Governance* (ESG) mapeadas pela Vale. O subprojeto 2, trata de Educação Ambiental (PEA-BHRI) onde serão desenvolvidas ações de mobilização para a implementação do Comitê de Bacia do rio Itacaiúnas e fomento à gestão dos recursos hídricos.

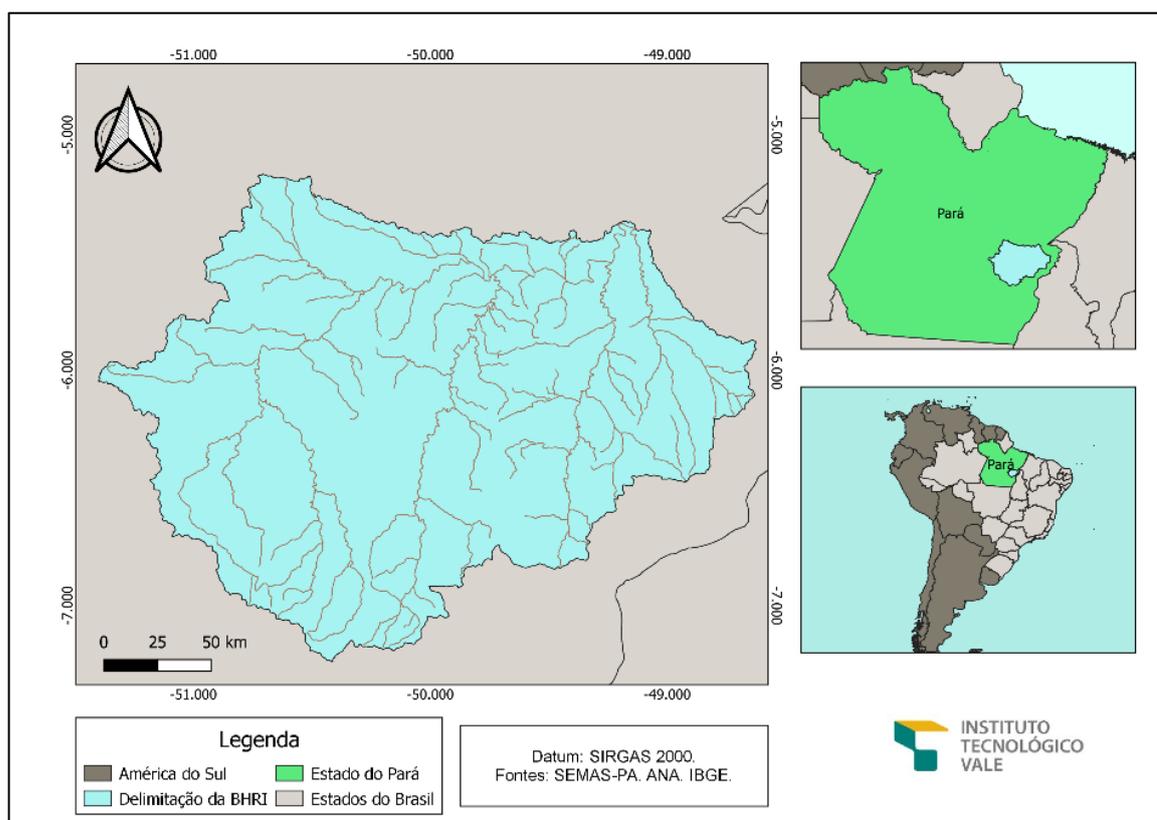
Diante disso, são essenciais estudos voltados para o desenvolvimento de instrumentos para a capacitação dos diferentes *Stakeholders* inseridos no gerenciamento dos recursos hídricos e promover a estruturação de comitês de bacias com vistas ao planejamento e gestão da água, como é o caso da BHRI.



2. METODOLOGIA

Esta pesquisa foi desenvolvida na forma de Revisão Integrativa de Literatura, sendo descritiva e exploratória e abordou um período de análise de dados dos últimos 15 (quinze) anos de estudos científicos já publicados em sites de revistas. Para a construção da cartilha educativa foi utilizado a plataforma do *Canva*, a qual é uma plataforma prática pois, apresenta de forma visual a complexidade do assunto abordado, ajuda a inovar, além de possibilitar o debate promovendo o entendimento entre os envolvidos. Por fim, para análise dos resultados, utilizou-se o *Google forms*, no intuito de analisar o perfil dos moradores da região da Bacia Hidrográfica do Rio Itacaúnas BHRI (Figura 1), os dados obtidos dos questionários serão utilizados em planilha eletrônica, no programa do Excel para a elaboração de gráficos e análises estatísticas.

Figura 1 - Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Itacaúnas.



Fonte: elaborado pela autora (2021).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cartilha é de fácil entendimento e de linguagem acessível para a comunidade local, nela constam texto, imagens e ilustrações coloridas (Figura 2). Será analisada

e avaliada se realmente apresentou efeito como um instrumento de aceitação e entendimento entre os moradores da região, bem como potencial instrumento na participação da criação do Comitê do Rio Itacaiúnas. Além da versão impressa, conta também com o formato digital, tornando-se possível o acesso aos conteúdos em qualquer lugar e a qualquer momento, assegurando a viabilização de uma Educação Ambiental formal e não-formal sem fronteiras.

Figura 2 - Capa da cartilha educativa.



Fonte: elaborado pela autora (2021).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa mostra-se aderente à Agenda 2030, que tem como objetivo criar um plano para todas as partes interessadas atuarem no combate às questões socioambientais até 2030. Esse estudo está diretamente relacionado ao objetivo 6 (água limpa e saneamento), que visa assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos de acordo com os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). O trabalho foi apresentado no II Workshop de Pós de Graduação e Pesquisa do ITV DS visando apresentar parte dos estudos desenvolvidos no grupo



de geologia ambiental e recursos hídricos (GGARH), e assim mobilizar pessoas a fim de promover a implementação do Comitê de Bacia Hidrográfica do rio Itacaiúnas.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, P. C. B. *et al.* A governança da água no Brasil sob uma perspectiva regional. **Revista Brasileira de Direito e Gestão Pública**, v. 7, n. 6, p. 89-98. 2019.

ROSA, V.; GAIOLFATTO, R. L. Biogenery applied to slopes stabilization in Petrópolis. **Revista de Engenharia da Universidade Católica de Petrópolis**, v. 12, n. 1, p. 1-15. 2019.

SILVA JÚNIOR, R. O. **Resposta hidrológica devido às mudanças no uso do solo e cobertura vegetal na bacia hidrográfica do rio Itacaiúnas (BHRI) - Amazônia Oriental**. 2017. 136 f. Tese. (Doutorado em Ciências Ambientais) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, 2017.

AVALIAÇÃO DE ATRIBUTOS FÍSICO HÍDRICOS DO SOLO EM ÁREAS DE FLORESTA, PASTO E TRANSIÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITACAIÚNAS (BHRI)

Tatiane Barbarely Serra Souza Morais¹³

Renato Oliveira Silva Júnior¹⁴

RESUMO: A estimativa de atributos físico-hídricos como função de rápida e fácil determinação de atributos físicos, tem sido uma alternativa para geração de informações técnicas para análise de diversas atividades que envolvam projetos hidroagrícolas. Por meio da análise de solo, é possível extrair informações referentes à dinâmica hídrica de um determinado ambiente, observando dados climáticos e de precipitação e correlacionando-os à estrutura do solo e suas alterações ao longo do tempo, sob diferentes tipos de cobertura. Portanto, este trabalho tem como objetivo avaliar atributos físico-hídricos do solo em áreas de floresta, pasto e de transição na Bacia Hidrográfica do Rio Itacaiúnas (BHRI). A metodologia a ser utilizada será feita por meio de pontos amostrais georreferenciados para a coleta de solo, considerando a localização de estações hidrometeorológicas em pontos estratégicos da bacia, em área de floresta, pasto e de transição. Será realizada a coleta de solo nas profundidades de 10 a 20 cm e de 40 a 50 cm, em dois períodos diferentes, época de chuva e de estiagem. Espera-se realizar análises físicas de textura, de densidade do solo e densidade de partículas, além de argila dispersa em água e matéria orgânica. Também pretende-se determinar o volume total de poros e a Capacidade Total de Retenção de Água. Considera-se importante a realização de análises física hídricas pedológicas como uma forma de obter informações sobre a dinâmica hídrica desta bacia no contexto do manejo ambiental sustentável na região amazônica.

Palavras-chave: cobertura do solo; atributos físicos; uso do solo; bacia hidrográfica.

ABSTRACT: The estimation of physical-hydric attributes as a function of quick and easy determination of physical attributes has been an alternative for the generation of technical information for the analysis of several activities involving hydro-agricultural projects. Through soil analysis, it is possible to extract information regarding the water dynamics of a given environment, observing climatic and precipitation data and correlating them to the soil structure and its changes over time, under different types of cover. Therefore, this work aims to evaluate soil physical-hydric attributes in forest, pasture and transition areas in the Itacaiúnas River Basin (BHRI). The methodology to be used will be done through georeferenced sampling points for soil collection, considering the location of hydrometeorological stations at strategic points in the basin, in forest, pasture and transition areas. Soil will be collected at depths of 10 to 20 cm and 40 to 50 cm, in two different periods, rainy and dry seasons. It is expected to

¹³ Mestranda em Uso Sustentável dos Recursos Naturais em Regiões Tropicais, do Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável. E-mail: tatianebarbarely@gmail.com.

¹⁴ Docente-Pesquisador pelo Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável. E-mail: renato.silva.junior@itv.org



carry out physical analyzes of texture, soil density and particle density, in addition to clay dispersed in water and organic matter. It is also intended to determine the total volume of pores and the Total Water Retention Capacity. It is considered important to carry out pedological water physical analysis as a way to obtain information about the water dynamics of this basin in the context of sustainable environmental management in the Amazon region.

Keywords: ground cover; physical attributes; use of the soil; hydrographic basin.

1. INTRODUÇÃO

É conhecido que solo e água são recursos naturais de grande valia para a humanidade sendo utilizados em diversos fins para manutenção da vida. O solo relacionando-se à água desenvolve as funções de receber, infiltrar, filtrar e armazená-la. Por meio da análise de solo é possível extrair informações quanto a dinâmica hídrica de um determinado ambiente, observando dados climáticos e de precipitação, correlacionando-os a estrutura do solo e suas alterações ao longo do tempo, sob diferentes tipos de cobertura. O manejo do solo é um dos fatores de suma importância no processo hidrológico de uma bacia hidrográfica.

A bacia hidrográfica constitui-se como a mais adequada unidade de planejamento para o uso e exploração dos recursos naturais o que facilita o acompanhamento das alterações naturais ou oriundas de ações antrópicas na área (RODRIGUES *et al.*, 2007). Assim, o acompanhamento do uso e ocupação das terras numa dada bacia hidrográfica é a forma mais eficiente de monitoramento dos recursos hídricos que a integram (VAEZA *et al.*, 2010). A disponibilidade de informações do solo em bacias hidrológicas é essencial para o planejamento e determinação da suscetibilidade à erosão e poluição do lençol freático, bem como para avaliar o potencial de retenção de água e sua vazão (FINKLER, 2017).

Em condições primitivas, a Bacia Hidrográfica do Rio Itacaiúnas era coberta por vegetação florestal e de acordo com Souza-Filho *et al.* (2016), nas últimas décadas, as áreas florestais da bacia hidrográfica do Rio Itacaiúnas diminuíram 35.000ha/ano, enquanto as áreas de pastagem aumentaram na mesma proporção. Silva Júnior (2017) afirma que, a substituição da floresta tropical para pastagem interfere no ciclo hidrológico de uma bacia, alterando a produção de água na mesma.

Em face das mudanças acentuadas no uso do solo e cobertura vegetal nos últimos anos na Bacia Hidrográfica do Rio Itacaiúnas, a hipótese do trabalho é que existe variabilidade nas características físico-hídrica na BHRI e o seu conhecimento pode ser útil na tomada de decisão na instalação de estudos no desenvolvimento da



área. Entende-se que estudar os atributos físico-hídricos do solo desta bacia poderá prover dados e informações técnicas e científicas de relevância especialmente sobre o comportamento do solo em áreas de Floresta, Pasto e Transição.

2. METODOLOGIA

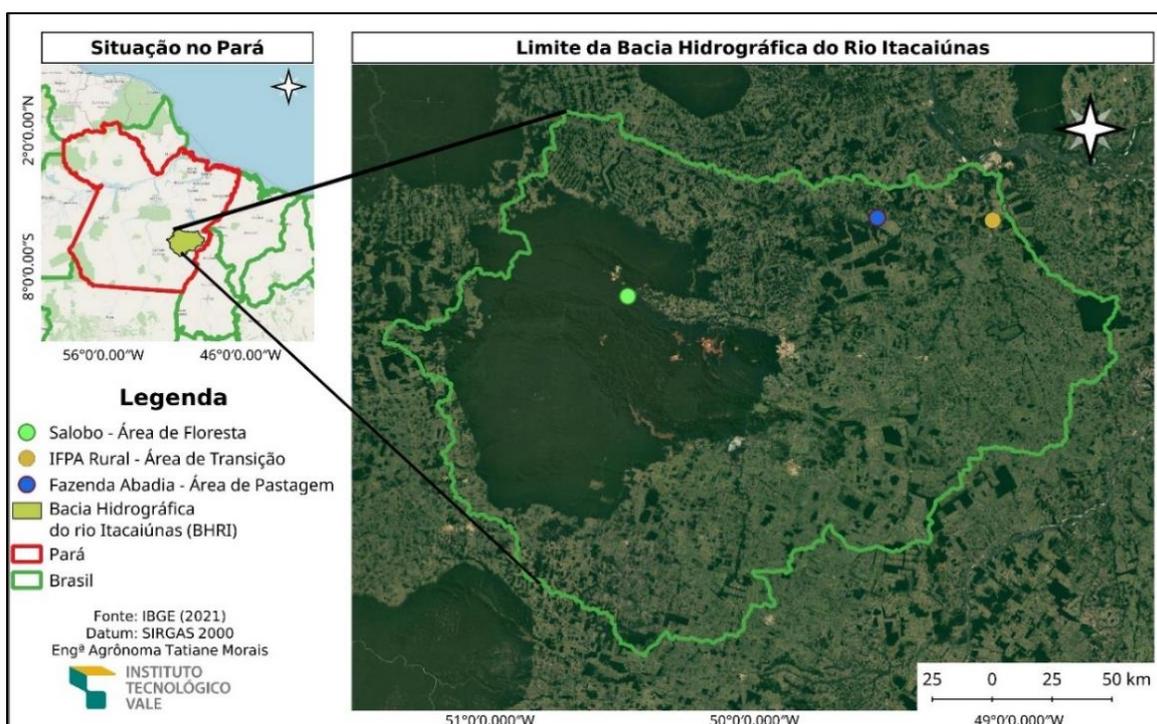
Este trabalho de cunho descritivo exploratório baseia-se em procedimentos de pesquisa em campo e revisão bibliográfica, seguindo uma abordagem qualitativa e quantitativa de natureza aplicada.

A área de estudo está localizada na Bacia Hidrográfica do Rio Itacaiúnas (BHRI) no Sudeste do Estado do Pará, situada entre as coordenadas geográficas 05°10'e 07°15'S de latitude e 48° 37' e 51° 25' W de longitude, na Amazônia Oriental, inserida na região hidrográfica Tocantins-Araguaia (Figura 1). A BHRI possui aproximadamente 42.000 km² de extensão e o clima na região é definido como típico de monção (Am), que corresponde a tropical chuvoso (quente e úmido) (TAVARES *et al.*, 2018).

O Instituto Tecnológico Vale de Desenvolvimento Sustentável (ITV DS), possui ao longo da BHRI oito estações hidrometeorológicas, instaladas em diferentes áreas de uso e cobertura do solo. Destas, em cinco estações foram instalados sensores de umidade e temperatura do solo, chamados de “*Drill & Drops*”. Considerando a localização destes sensores, foram priorizadas três áreas de interesse e de distintas características e cobertura de solo para este estudo, a saber: A estação Salobo (Sb) em área de floresta, Fazenda Abadia (Fab) em área de pastagem e a estação do IFPA Rural (IF) em área de transição (Figura 1).



Figura 1 – Mapa de localização da BHRI das estações em áreas de floresta, pastagem e de transição.



Fonte: elaborado pela autora (2021).

Pretende-se coletar amostras de solo nestas áreas de forma sistemática, seguindo um padrão de coleta predefinido e os pontos de amostragem regularmente dispostos sobre a área. Isto é, as amostras são coletadas em espaçamentos de iguais distâncias, permitindo um melhor planejamento do número de amostras a serem coletadas, garantindo a uniformização da disposição espacial dos pontos amostrais no campo e facilitando as etapas de geração dos mapas temáticos.

Serão coletadas amostras de solo nas áreas selecionadas em duas épocas diferentes, sendo a primeira em meados de novembro/2021 e a segunda em meados de março/2022 em que o período de chuva e estiagem são bem distintos. Para a coleta, foram definidas profundidades de 10 a 20 cm e de 40 a 50cm nos pontos pré-determinados. Os atributos a serem analisados serão textura do solo (areia, silte, argila), Densidade do Solo (DS), Matéria orgânica (MO), Capacidade Total de Retenção de Água (CTA) e Porosidade drenável (PD). Após recebimento dos dados, estes serão tratados em programa estatístico específico para avaliação e análises.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O manejo do solo é um dos fatores de maior importância no processo hidrológico numa bacia hidrográfica, ao desenvolver esta pesquisa, de posse dos dados, e após análise e interpretação, espera-se obter resultados que contribuam para entendimento a compreensão do comportamento da umidade do solo sob diferentes coberturas visando o manejo ambiental sustentável na BHRI

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho foi apresentado no II Workshop de Pós-Graduação e Pesquisa do ITV-DS, com o objetivo de expor as atividades desenvolvidas no âmbito do Grupo de Geologia Ambiental e Recursos (GGARH) do Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável (ITV DS) e seus estudos referentes ao comportamento hidrosedimentológico da Bacia Hidrográfica do Rio Itacaiúnas (BHRI). Este estudo é uma das formas de contribuição para o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, especificamente o ODS-6. Neste sentido, todos os estudos relacionados a BHRI, são de grande relevância para o manejo sustentável amazônico.

REFERÊNCIAS

FINKLER, R. **A bacia hidrográfica**. [Curitiba: MPPR, 20--?]. (Planejamento, manejo e gestão de bacias, Unidade 1). Disponível em:

https://planejamento.mppr.mp.br/arquivos/File/bacias_hidrograficas/planejamento_manejo_e_gestao_unidade_1.pdf. Acesso em: 14 jun. 2021.

RODRIGUES, T. R. I.; ROCHA, A. M.; PEREZ FILHO, A. Mapeamento de uso e ocupação das terras na Bacia do Baixo Curso do Rio São José do Dourados-SP por sistemas de informações geográficas e imagem de satélite. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 13., Florianópolis, 21-26 abr. 2007. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. p. 6091-6097. Disponível em:

<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.21.45.01/doc/6091-6097.pdf>. Acesso em: 3 jan. 2022

SILVA JÚNIOR, R. O.; SOUZA, E. B. de; TAVARES, A. L.; MOTA, J. A.; FERREIRA, D. B. S.; SOUZA-FILHO, P. W. M.; ROCHA, E. J. P. da. Three decades of reference evapotranspiration estimates for a tropical watershed in the eastern Amazon. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89, n. 3 suppl., p. 1985–2002. 2017. DOI [10.1590/0001-3765201720170147](https://doi.org/10.1590/0001-3765201720170147)

SOUZA-FILHO, P. W. M. *et al.* Four decades of land-cover, landuse and hydroclimatology changes in the Itacaiúnas River watershed, southeastern Amazon. **Journal of Environmental Management**, v. 167, p. 175–184. 2016. DOI [10.1016/j.jenvman.2015.11.039](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.11.039)



TAVARES, A. L *et al.* Climate indicators for a watershed in the eastern amazon. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 14, v. 23, p. 389-410, jul./dez. 2018. DOI [10.5380/abclima.v23i0.61116](https://doi.org/10.5380/abclima.v23i0.61116). Acesso em: 17 set. 2021.

VAEZA, R. F.; OLIVEIRA FILHO, P. C. de; MAIA, A. G.; DISPERATI, A. A. Uso e ocupação do solo em bacia hidrográfica urbana a partir de imagens orbitais de alta resolução. **Floresta e Ambiente**, v. 17, n. 1, p. 23-29, jan./jun. 2010. Disponível em: <https://www.floram.org/article/10.4322/floram.2011.003/pdf/floram-17-1-23.pdf>. Acesso em: 17 set. 2021.



GENÔMICA AMBIENTAL

🌀 Grupo de pesquisa - Apresentação	86
🌀 Monitoramento molecular de <i>Isoetes cangae</i> em projeto de reintrodução na Serra dos Carajás <i>Adrienne Sacha da Costa Saraiva</i> <i>Rafael Borges da Silva Valadares</i> <i>Lana Patricia da Silva Fonseca</i> <i>Felipe Costa Trindade</i>	87
🌀 Abordagem <i>Metabarcoding</i> para avaliação da balneabilidade qualidade da água em áreas de influência do Terminal Marítimo Ponta da Madeira <i>Danielly Cristina Marques de Castro</i>	93
🌀 Genomas plastidiais de <i>Eriocaulaceae</i> de cangas da Serra dos Carajás <i>Gabriel Costa Matos</i>	97
🌀 Inventário da fauna cavernícola de Carajás pelo uso de marcadores moleculares <i>Renata Sena Cardoso</i> <i>Amanda Manuely da Silva Oliveira</i> <i>Xavier Prous</i> <i>Leonardo Carreira Trevelin</i> <i>Gisele Lopes Nunes</i>	



Grupo de pesquisa – Apresentação

GENÔMICA AMBIENTAL

O grupo de pesquisa de Genômica Ambiental desenvolve estudos sobre os mecanismos evolutivos e a diversidade genética das espécies envolvendo pesquisas com abordagem molecular, código de barras de DNA, estudos de natureza genômica e metagenômica, bem com métodos de cultivo, isolamento de espécies com funções de interesse. Além disso, há pesquisas desenvolvidas para compreender o papel dos microrganismos no ambiente que possibilitem o desenvolvimento de ferramentas de biorremediação ou biolixiviação. Todos esses trabalhos são importantes para compreender o papel desses microrganismos nas áreas afetados pelas atividades mineradoras e de que forma podem contribuir para minimização dos impactos no ambiente.

MONITORAMENTO MOLECULAR DE *ISOETES CANGAE* EM PROJETO DE REINTRODUÇÃO NA SERRA DOS CARAJÁS

Adrienne Sacha da Costa Saraiva¹⁵

Rafael Borges da Silva Valadares¹⁶

Lana Patricia da Silva Fonseca¹⁷

Felipe Costa Trindade¹⁸

RESUMO: O gênero *Isoetes L.* é representado por um conjunto de plantas que se encontram distribuídas por quase todos os continentes. As espécies podem ocorrer em lagoas, lagos, pântanos, córregos, estuários, bem como em ambientes terrestres ou parcialmente inundados. *Isoetes cangae* descrita como endêmica das Serras de Carajás no Estado do Pará., é espécie descrita como criticamente ameaçada, segundo os critérios da União Internacional para Conservação da Natureza, foi encontrada totalmente submersa no Lago Amendoim, com potencial (ultra) oligotrófico, ou seja, um ambiente que possui pouquíssimos nutrientes, e está localizado na Serra Sul (S11D). Estudos iniciais envolvendo *I. cangae* cultivada em ambientes controlados, permitiu a identificação de genes e proteínas ativadas em resposta ao estresse da espécie em diferentes substratos. Após os estudos iniciais, através das metodologias voltadas à proteômica comparativa, se objetivou realizar o monitoramento de *I. cangae* cultivada em dois diferentes ambientes de reintrodução. As plantas a serem monitoradas foram reintroduzidas em ambientes distintos, sendo o lago do Amendoim e a lagoa do gelado, a qual tiveram duas origens, cultivadas no ITV e nativa do lago do Amendoim, sendo essa utilizada como referência nas coletas. Os resultados possibilitarão uma melhor observação sobre o status fisiológico das plantas reintroduzidas, e possivelmente apontarão para técnicas de manejo que possam melhorar a performance da espécie no campo.

Palavras-chave: proteômica; espectrometria; monitoramento molecular.

ABSTRACT: The genus *Isoetes L.* is represented by a set of plants that are distributed over almost all continents. The species can occur in ponds, lakes, swamps, streams, estuaries, as well as in terrestrial or partially flooded environments. *Isoetes cangae* described as endemic to the Serras de Carajás in the State of Pará, is a species described as critically endangered, according to the criteria of the International Union for Conservation of Nature, was found totally submerged in Lake Amendoim, with (ultra) oligotrophic potential, that is, , an environment that

¹⁵ Mestranda em Uso Sustentável dos Recursos Naturais em Regiões Tropicais pelo Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável. E-mail: adriannes.saraiva@gmail.com.

¹⁶ Doutor em Solos e Nutrição de Plantas Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Docente-Pesquisadora pelo Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável.

¹⁷ Doutoranda em Bioinformática pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Mestre em Uso Sustentável dos Recursos Naturais em Regiões Tropicais pelo Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável.

¹⁸ Mestre em Biotecnologia Aplicada à Agropecuária pela Universidade Federal Rural da Amazônia.



has very few nutrients, and is located in Serra Sul (S11D). Initial studies involving *I. cangae* cultivated in controlled environments, allowed the identification of genes and proteins activated in response to the stress of the species in different substrates. After the initial studies, through methodologies aimed at comparative proteomics, the objective was to carry out the monitoring of *I. cangae* cultivated in two different reintroduction environments. The plants to be monitored were reintroduced in different environments, being the Amendoim lake and the ice cream lake, which had two origins, cultivated in the ITV and native to the Amendoim lake, which was used as a reference in the collections. The results will allow a better observation of the physiological status of the reintroduced plants, and possibly point to management techniques that can improve the performance of the species in the field.

Keywords: proteomics; spectrometry; molecular monitoring.

1. INTRODUÇÃO

O grupo *Isoetes L.* é caracterizado aproximadamente por 200 espécies de plantas vasculares, catalogadas com base nos estudos de datação molecular, com rastreamento de raízes que tiveram evolução ao Devoniano Paleozóico (PIGG, 2001). Devido ao grande sucesso adaptativo este gênero conseguiu resistir há três extinções em massa. Recentemente, foram descritas duas espécies pertencentes ao gênero *isoetes L.*, endêmicas das Serras de Carajás: *Isoetes serracarajensis* e *Isoetes cangae* (PEREIRA; ARRUDA; SALINO, 2017).

Em um estudo realizado por Costa (2019) utilizando plantas de *Isoetes cangae* que foram cultivadas em diferentes substratos, foram identificadas 18 proteínas que atuam no metabolismo primário ou secundário das plantas, destacando-se como biomarcadores de condições de estresse. Tendo como exemplo, uma dessas proteínas é α -manosidase, sendo uma única proteína superexpressa em todas as condições alternativas desenvolvida na pesquisa.

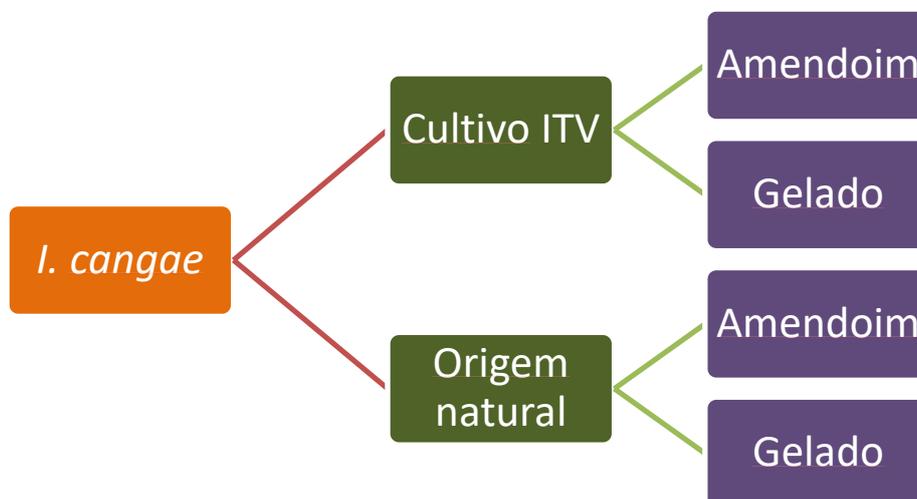
Monitorar essas proteínas com expressão e genes ligados a estresse, como chaperoninas, heatshocks, ou envolvidas com fotossíntese, é de extrema importância, sendo assim uma ferramenta de auxílio para a identificação de algumas condições desfavoráveis a *I. cangae*, e assim sendo útil encontrar as condições que sejam favoráveis para a reintrodução da mesma, reduzindo o risco de extinção. Diante disso, a análise realizada no referido trabalho irá contribuir com o entendimento do maquinário molecular envolvido na adaptação, sobrevivência da espécie e na realização do monitoramento molecular da espécie em projetos de reintrodução.

2. METODOLOGIA

A Serra dos Carajás, está localizada no sudeste do estado do Pará, no município de Parauapebas, abrigando assim dois ambientes fitogeográficos peculiares (SCHAEFER *et al.*, 2016; AB'SABER, 1986): um com característica arbórea, representado pela floresta ombrófila, ocupando assim a maior parte da área, e outro, caracterizado por uma formação herbáceo-arbustiva, denominada de vegetação de canga (SECCO; MESQUITA, 1983) ou campo rupestre (JOLY, 1970). É importante destacar que a vegetação de canga mostra um elevado destaque ecológico, em vista de um ecossistema único no cenário amazônico (ICMBIO, 2016).

As plantas a serem monitoradas tiveram duas origens, sendo elas: cultivadas pelo ITV e nativas do lago do Amendoim, após isso foram transplantadas para dois ambientes: o lago do Amendoim e lagoa do Gelado. Tendo como referência a população nativa do lago do Amendoim como amostras do grupo controle, demonstrado na figura 1.

Figura 2 - Fluxograma da origem *Isoetes Cangae*.



Fonte: elaborado pelos autores (2021).

As amostras das plantas dos habitats os quais estão sendo reintroduzidas, passaram por tratamento de homogeneização para uma amostra composta. As proteínas foram isoladas, e as folhas de cada habitat foram maceradas em nitrogênio líquido até atingirem a consistência de um pó fino. Após isso, as amostras foram levadas para o processo de extração e quantificação de proteínas. Elas foram



sonicadas e centrifugadas para a separação da fase fenólica, e para a retirada de qualquer resíduo da fase aquosa.

Depois da extração e quantificação, o método utilizado foi a digestão, esta fase consiste em fazer a quebra das proteínas para que o cromatógrafo nanoACQUITY UPLC® (Cromatografia Líquida de Ultra Performance (Waters®) consiga fazer as leituras, pois ele consegue identificar e quantificar as amostras separadas em cinco frações ao utilizar diferentes gradientes de acetonitrila, sendo este acoplado ao espectrômetro de massa ESI-Q-ToF, SYNAPT G2S (Waters®), configurado para operar em fragmentação contínua (MSE).

Em seguida, os dados foram processados no software Progenesis QIP, o que aumentou significativamente o número de identificações e quantificações. Os níveis de significância dos acúmulos diferenciais das proteínas foram determinados pela aplicação do teste ANOVA ($p < 0,05$). Neste estudo optamos por destacar proteínas mais abundantes, considerando o valor de Fold Change (FC) $\geq 1,5$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dessa pesquisa espera-se contribuir com o conhecimento sobre a reintrodução de espécies, mecanismos de estresse biótico ou abiótico em plantas e a utilização da proteômica para identificar metabolismos ligados a condições de estresse nas plantas. Mais de 500 proteínas foram monitoradas em duas épocas do ano, porém não indicaram um padrão de estresse claro. Com isso, o que pode ajudar a explicar a maior mortalidade das plantas na lagoa do Gelado, identificou-se que uma diminuição de 3 vezes nas proteínas de fotossínteses como mostra a figura 2.

Figura 3 - Proteínas envolvidas na fotossíntese até 3x diminuídas no Gelado.

Max fold change	Highest Mean	Lowest Mean	Description
2.94	Amendoim	Gelado	Photosystem I reaction center subunit N_ chloroplastic OS=Arabidopsis thaliana OX=3702 GN=PSAN PE=1 SV=
2.47	Amendoim	Gelado	photosystem II D2 protein_partial (chloroplast) [Spinulum annotinum]
2.37	Amendoim	Gelado	Photosystem I iron-sulfur center OS=Lobularia maritima OX=226051 GN=psaC PE=3 SV=1
2.29	Amendoim	Gelado	photosystem I subunit VII (chloroplast) [Selaginella remotifolia]
2.21	Amendoim	Gelado	photosystem II protein D2 (chloroplast) [Selaginella tamariscina]
2.19	Amendoim	Gelado	photosystem II 47 kDa protein (plastid) [Selaginella lepidophylla]
2.13	Amendoim	Controle	photosystem II subunit D2 (plastid) [Selaginella lepidophylla]
2.1	Amendoim	Gelado	photosystem II protein D2 (chloroplast) [Selaginella doederleinii]
2.08	Amendoim	Gelado	Photosystem II CP47 reaction center protein OS=Anthoceros angustus OX=48387 GN=psbB PE=2 SV=1

Fonte: elaborado pelos autores (2021).

Também fora identificado 3 proteínas a qual estão relacionadas com estresse osmótico (salinidade), sendo elas Canal de K⁺ 226x / Wuschel related homeobox 356x / Transc. Factor bHLH66 19,3x (p< 0.05). Estes resultados repetiram nas duas épocas do ano, sendo assim, o monitoramento protéico é uma forma eficaz de explicar sobre o desempenho da *Isoetes Cangae* na lagoa do Gelado. Com isso, através das análises de proteômica, atestar problemas ou até mesmo verificar a saúde das plantas reintroduzidas. Essa pesquisa visa contribuir com o sucesso adaptativo da espécie endêmica que se encontra na lista da União Internacional para a Conservação da Natureza como criticamente ameaçada.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, através deste estudo, destaca-se que é de suma importância que a espécie de *Isoetes cangae* possa ser reintroduzida no ambiente, e que obtenha sucesso adaptativo, pois essa pesquisa está enquadrada no item 15 presente nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

Além disso, este estudo também foi importante para apresentação no II Workshop de Pós-Graduação e Pesquisa, realizado nos dias 27 à 29 de Julho, onde se pôde compartilhar conhecimento para a comunidade científica e mostrar o quanto esta pesquisa pode somar aos conteúdos que já existem sobre a sustentabilidade, e desta forma, tentar evitar a perda de uma espécie endêmica.



REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. Geomorfologia da Região de Carajás. *In*: ALMEIDA JÚNIOR, J. M. G. (org.). **Carajás: desafio político, ecologia e desenvolvimento**. São Paulo: Brasiliense, 1986. p. 88-124. (Capítulo 5).

SCHAEFER, C. E. G. R. *et al.* Geoambientes, solos e estoques de carbono na Serra Sul de Carajás, Pará, Brasil. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat.**, Belém, v. 11, n. 1, p. 85-101, jan./abr. 2016. Disponível em: [http://editora.museu-goeldi.br/br/artigos/cnv11n1_2016/geoambientes\(schaefer\).pdf](http://editora.museu-goeldi.br/br/artigos/cnv11n1_2016/geoambientes(schaefer).pdf). Acesso em: 17 jan. 2022.

COSTA, C. A. R. da. *et al.* **Proteômica comparativa de *Isoetes cangae* em cultivos ex-situ**. Belém: ITV, 2019. (Relatório Técnico N018/2019). DOI 10.29223/PROD.TEC.ITV.DS.2019.18.Costa.

JOLY, A. B. **Conheça a vegetação brasileira**. São Paulo: Polígono, 1970

KANTEK, D. L. Z.; MIYAZAKI, S. S.; PEREIRA, T. D. C. **Plano de manejo da estação ecológica de Taiamã**. Brasília, DF: ICMBio, 2016. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/plano-de-manejo/plano_de_manejo_esec_taiama_vs_070617.pdf. Acesso em: 17 jan. 2022.

PEREIRA, J. B. de S.; SALINO, A.; ARRUDA, A.; STÜTZEL, T. Two New Species of Isoetes (Isoetaceae) from northern Brazil. **Phytotaxa**, v. 272, n. 2, p. 141-148, ago. 2016. DOI [10.11646/phytotaxa.272.2.5](https://doi.org/10.11646/phytotaxa.272.2.5).

PIGG, K. B. *Isoetalean lycopsid* evolution: from the devonian to the present. **American Fern Journal**, v. 91, n. 3, p. 99-114, jul. 2001. DOI [10.1640/0002-8444\(2001\)091\[0099:ILEFTD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1640/0002-8444(2001)091[0099:ILEFTD]2.0.CO;2)

ABORDAGEM *METABARCODING* PARA AVALIAÇÃO DA BALNEABILIDADE QUALIDADE DA ÁGUA EM ÁREAS DE INFLUÊNCIA DO TERMINAL MARÍTIMO PONTA DA MADEIRA

Danielly Cristina Marques de Castro¹⁹

RESUMO: As cidades no entorno da Baía de São Marcos (MA) sofreram um crescimento desordenado, gerando elevada pressão sobre os seus ecossistemas ao longo do tempo. O aumento de resíduos produzidos e seu descarte sem tratamento nesses ambientes, levou à grandes prejuízos à saúde da população, influenciando no desenvolvimento econômico local. Os métodos tradicionais de avaliação da qualidade da água possuem metodologias limitantes e pouco representativas, podendo não conseguir evidenciar microrganismos de grande importância médica. Assim, objetiva-se identificar organismos bioindicadores de qualidade da água para auxiliar no monitoramento e balneabilidade das áreas de influência do Terminal Marítimo Ponta da Madeira (TMPM) e da cidade de São Luís-MA. Será empregada a técnica de *metabarcoding* do gene 16S rDNA, onde pretendemos identificar organismos potencialmente bioindicadores de qualidade da água da região estudada e compreender a diversidade microbiana local. Sendo assim, o projeto em andamento resultará em produções de artigos e relatórios técnicos.

Palavras-chave: qualidade da água; *Metabarcoding*; 16S rDNA.

ABSTRACT: Cities around São Marcos Bay (MA) have suffered a disorderly growth, generating high pressure on their ecosystems over time. The increase in waste produced and its untreated disposal in these environments has led to great damage to the health of the population, influencing local economic development. Traditional methods of water quality assessment have limiting and unrepresentative methodologies and may not be able to show microorganisms of great medical importance. Thus, the objective is to identify organisms that are bioindicators of water quality to assist in monitoring and bathing in the areas of influence of the Ponta da Madeira Maritime Terminal (TMPM) and the city of São Luís-MA. The 16S rDNA gene metabarcoding technique will be used, where we intend to identify organisms potentially bioindicators of water quality in the studied region and to understand the local microbial diversity. Therefore, the ongoing project will result in the production of articles and technical reports.

Keywords: water quality; *Metabarcoding*; 16S rDNA.

¹⁹ Mestranda em Uso Sustentável dos Recursos Naturais em Regiões Tropicais, do Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável. E-mail: dcmcastro1996@hotmail.com.



1. INTRODUÇÃO

A Baía de São Marcos é um conjunto de ambientes vulneráveis à degradação ambiental, pois a região alberga grande fluxo de embarcações que movimentam produtos industrializados (SILVA, 2020) e possui o sistema de saneamento básico precarizado, fazendo com que o mar seja o receptor final de efluentes *in natura* (BARBOSA *et al.*, 2020).

No Brasil, as resoluções do CONAMA 274/2000 e 357/2005 definem os critérios de qualidade da água, estabelecendo padrões de indicadores de qualidade da água e avaliação de balneabilidade, realizando análises a partir da concentração de indicadores microbiológicos como *Escherichia coli* e/ou coliformes (BRASIL, 2000; 2005). A metodologia utilizada pelos órgãos ambientais responsáveis, embora consagrados, são dispendiosos e agem como reveladores da presença fecal, não apresentando uma representatividade real da diversidade microbiológica do local, ocultando outros microrganismos com potencial de propagar doenças (LIU *et al.*, 2020).

A técnica DNA *metabarcoding* é introduzida como uma metodologia inovadora na detecção e identificação de um organismo, expandindo o campo de avaliação de qualidade da água, eliminando viés de culturas e permitindo o acesso à bactérias não cultiváveis (VIERHEILIG *et al.*, 2015). Neste trabalho, focaremos na identificação de bactérias, desta forma será utilizada amplificação do gene 16S do DNA ribossomal no estudo de análises microbianas (FARIA, 2016).

Assim, há um grande potencial para o desenvolvimento de técnicas genômicas no monitoramento da qualidade da água, pois ainda são escassos os estudos nessa linha em águas brasileiras, abrindo um leque de possibilidades em estudos futuros utilizando DNA *metabarcoding*. Levando em conta a grande importância dos recursos hídricos nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), este projeto está alinhado com o ODS6 que tem como objetivo assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos (ONU, 2021).

2. METODOLOGIA

O presente trabalho possui como área de estudo a Baía de São Marcos e as praias associadas a cidade de São Luís, MA. Serão analisados 6 pontos distintos dentro do complexo estuário, levando em consideração os níveis de interferência antrópica nessas áreas (baixa, média e alta). As amostras foram coletadas



bimestralmente de novembro de 2020 à setembro de 2021, seguindo as coletas por diferença de marés (Quadratura e Sizígia).

O material coletado está sendo filtrado com membrana estéril de 0,2 µm de porosidade (S-Pak®), e serão submetidas à extração do DNA genômico por meio do kit DNeasy PowerSoil (Qiagen®), seguindo as recomendações do fabricante. A amplificação das regiões V3 e V4 do gene ribossomal 16S será através da reação em cadeia polimerase (PCR) e o DNA quantificado através da fluorometria com o kit de quantificação de DNA Qubit dsDNA High-Sensitivity (HS) (Thermo Fisher Scientific™).

As bibliotecas serão construídas utilizando o protocolo 16S Metagenomic Sequencing Library Preparation da Illumina (Illumina, San Diego, CA, USA) e a corrida de sequenciamento será realizada na plataforma MiSeq da Illumina utilizando o kit de corrida MiSeq V3 600 ciclos.

Para identificação das amostras de comunidades bacterianas será utilizado o PIMBA (OLIVEIRA *et al.*, 2021), um *pipeline* modificado criado pelo grupo de bioinformática do ITV, que tem como base o pipeline QIIME (Quantitative Insights Into Microbial Ecology) (CAPORASO *et al.*, 2010). As sequências com similaridade >97% serão agrupadas em Unidades Taxonômicas Operacionais (UTO) utilizando o USEARCH 7 (<https://www.drive5.com/usearch/>) e comparadas com sequências disponíveis em bancos de dados públicos como, SILVA (YILMAZ *et al.*, 2014).

3. RESULTADOS PRELIMINARES

Até o presente momento, todas as amostras coletadas do estudo foram filtradas e realizado extração de DNA. Iniciou-se o processo de padronização de DNA de amostras para realização de PCR, para darmos sequência nas análises de acordo com os protocolos supracitados acima. A previsão para finalização das análises das amostras de balneabilidade e qualidade da água será em meados de 2022.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As perspectivas futuras acerca do projeto são publicações em revista científica, relatório técnico científico e a dissertação final para aprovação no programa de mestrado do ITVDS.

O projeto vinculado foi apresentado no “II Workshop de pós graduação e pesquisa do ITV”, que teve como intuito compartilhar com a comunidade interna e externa ao ITVDS, principalmente universidades do estado do Pará, as pesquisas



científicas desenvolvidas pelos discentes no Instituto Tecnológico Vale, sendo assim, podendo compartilhar e assimilar conhecimentos acerca dos projetos do instituto frente às necessidades socioambientais, alinhados com os objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS).

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, M. V. S. *et al.* Diagnóstico da qualidade ambiental e seus fatores de influência na orla marítima da Ilha do Maranhão do período de dezembro de 2015 a dezembro de 2016. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 34580-34591, 2020.
- BRASIL. **Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000.** Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2000.
- BRASIL. **Resolução CONAMA 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. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2005.
- CAPORASO, J. G. *et al.* QIIME allows analysis of high-throughput community sequencing data. **Nat Methods**, v. 7, n. 5, p. 335–336, 2010.
- FARIA, A. C. S. **Avaliação dos parâmetros físico-químicos, microbiológicos e detecção de genes de resistência aos antimicrobianos de águas de granjas de suínos e de lagos de zoológico e metagenômica da água de granjas de suínos.** 2016. 77 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2016.
- LIU, Q. *et al.* A review and perspective of edna application to eutrophication and hab control in freshwater and marine ecosystems. **Microorganisms**, v. 8, n. 3, 2020.
- NAÇÕES UNIDAS DO BRASIL (ONU). **Objetivo de desenvolvimento sustentável**, 2021. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/6>. Acesso em: 9 set. 2021.
- OLIVEIRA, R. R. M.; SILVA, R.; NUNES, G. L.; OLIVEIRA, G. PIMBA : a Pipeline for MetaBarcoding Analysis. **bioRxiv**, n. 1, p. 3–4, 2021.
- SILVA, D. D. S. da. Saneamento básico: um estudo na Região Metropolitana da Grande São Luís. **Revista Monografias Ambientais**, v. 1, p. 4, 2020.
- VIERHEILIG, J. *et al.* Potential applications of next generation DNA sequencing of 16S rRNA gene amplicons in microbial water quality monitoring. **Water Science and Technology**, v. 72, n. 11, p. 1962–1972, 2015.
- YILMAZ, P. *et al.* The SILVA and “all-species Living Tree Project (LTP)” taxonomic frameworks. **Nucleic Acids Research**, v. 42, n. D1, p. 643–648, 2014.

GENOMAS PLASTIDIAIS DE *Eriocaulaceae* DE CANGAS DA SERRA DOS CARAJÁS

Gabriel Costa Matos²⁰

RESUMO: Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável norteiam os países na manutenção da qualidade de vida das gerações humanas, sem a completa degradação dos recursos ambientais. E para que esse propósito seja atingido é necessário perpassar por diversas áreas do conhecimento, entre elas a genômica ambiental principalmente no que tange promover o acesso adequado dos recursos genéticos e a repartição justa dos seus benefícios. Portanto, este trabalho gerou a montagem e descrição de vinte e três genomas completos de cloroplasto para 10 espécies da família *Eriocaulaceae* coletadas na canga da Serra dos Carajás, uma área de grande endemismo de flora, por meio de abordagens de sequenciamento de nova geração.

Palavras-chave: Carajás (PA); genoma; cloroplasto; recursos genéticos.

ABSTRACT: The Sustainable Development Goals guide countries in maintaining the quality of life of human generations, without the complete degradation of environmental resources. And for this purpose to be achieved, it is necessary to go through several areas of knowledge, including environmental genomics, especially with regard to promoting adequate access to genetic resources and the fair sharing of their benefits. Therefore, this work generated the assembly and description of twenty-three complete chloroplast genomes for 10 species of the *Eriocaulaceae* family collected in the canga of Serra dos Carajás, an area of high flora endemism, using next-generation sequencing approaches.

Keywords: Carajás (PA); genome; chloroplast; genetic resources.

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com a degradação do meio ambiente começou a ser fomentada com maior seriedade a partir da década de 1970 (ÉDIS, 2014) e a partir desse momento as discussões acerca do desenvolvimento sustentável aumentaram até se consolidarem nas agendas internacionais (GOMES; FERREIRA, 2018). Nesse contexto, em 2015 a Organização das Nações Unidas (ONU) instituiu os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) com o intuito de permitir a existência humana de forma digna, sem gerar um colapso do meio ambiente (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, 2021).

²⁰ Mestrando em Uso Sustentável dos Recursos Naturais em Regiões Tropicais, do Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável. E-mail: gabrielc_matos@hotmail.com.



Dentre os 15 ODS's, os relacionados diretamente ao meio ambiente são quatro e mais especificamente o ODS 15 (vida terrestre) diz respeito a proteção, restauração e uso sustentável dos ecossistemas terrestres, bem como travar a perda de biodiversidade. E ainda no subitem 15.6 é destacado a importância da disponibilidade dos recursos genéticos para o cumprimento desse ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, 2021).

Levando em consideração o ODS de número 15 e o fato de a Floresta Amazônica ser a detentora da maior diversidade de flora do mundo (CARDOSO *et al.*, 2017; TER STEEGE *et al.*, 2020), a Amazônia se torna uma importante área de estudo para a proteção e conhecimento da biodiversidade. No entanto, ainda existem lacunas de conhecimento e são necessários mais estudos sobre a flora amazônica, principalmente para entender melhor os dados já disponíveis e servir de ponto de partida para novas descobertas (MESQUITA; MARINELLI; PINHEIRO, 2007).

Dentro do bioma Amazônia podemos encontrar áreas de vegetação aberta semelhantes a savanas e associadas a afloramentos de rochas ferruginosas no topo de planaltos ou serras que recebem o nome de canga (VIANA *et al.*, 2016). As características peculiares do ambiente proporcionam uma flora única e rica para as cangas (MOTA *et al.*, 2018). Zappi *et al.* (2019) identificaram que em termos representativos as famílias de monocotiledôneas *Xyridaceae*, *Eriocaulaceae*, *Poaceae* e *Cyperaceae* dominam as cangas, enquanto para eudicotiledôneas dominam *Loganiaceae*, *Apocynaceae* e *Rubiaceae*. Portanto, esse trabalho visa disponibilizar dados genômicos de espécies da família *Eriocaulaceae* para compreender melhor a diversidade floral das cangas da Serra de Carajás.

2. METODOLOGIA

A coleta das espécies de *Eriocaulaceae* ocorreu nas cangas da Serra dos Carajás com a devida identificação dos espécimes e seus registros por equipe de especialistas em levantamento botânico, em seguida o acondicionamento se deu em temperaturas de 4 a 8 °C. Posteriormente o DNA genômico total foi extraído e isolado segundo o protocolo CTAB I (WEISING *et al.*, 2005), com pequenas adequações. O DNA extraído foi testado quanto a sua qualidade em um espectrofotômetro Eon (BioTek) por meio da relação 260/280 e quantificações foram realizadas no fluorômetro Qubit 3.0 (Life Technologies).



O DNA total genômico depois de testado foi utilizado para construir bibliotecas shotgun por meio da fragmentação enzimática aleatória, na qual o DNA é simultaneamente fragmentado e vinculado a adaptadores. Em seguida, a biblioteca foi sequenciada na plataforma Illumina NextSeq, conforme instruções do fabricante.

As amostras com os genomas de cloroplastos sequenciados foram tratadas no software NovoPlasty v.4.2 (DIERCKXSENS; MARDULYN; SMITS, 2017) para a montagem do genoma. As anotações dos genomas montados foram feitos com a ferramenta CHLOROBX²¹ e posterior curadoria manual. Por fim, a estrutura circular do genoma de cloroplasto será obtida com o software OGDRAW.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao todo vinte e três genomas de cloroplastos de dez espécies de *Eriocaulaceae* das cangas da Serra dos Carajás foram montados, anotados e prontos para poderem ser disponibilizados no meio técnico-científico. Esse número de amostras disponibilizadas representa uma parcela importante de espécies para a área de estudo e um ganho incalculável para essa família botânica visto que os estudos envolvendo genoma completo de cloroplasto de *Eriocaulaceae* disponível na literatura se restringe a algumas poucas espécies do gênero *Eriocaulon* (DARSHTKAR *et al.*, 2019).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A disponibilização dos genomas de cloroplastos como recursos genéticos além de representarem um ganho para a família, podem proporcionar novas abordagens e conhecimentos a cerca dessas espécies, bem como servir de base para o entendimento de outras espécies relacionadas.

Também foi possível gerar um desenvolvimento técnico que possibilite implementar essas ferramentas em uma escala mais amplas para os componentes da flora da Serra dos Carajás

REFERÊNCIAS

CARDOSO, D. *et al.* Amazon plant diversity revealed by a taxonomically verified species list. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 114, n. 40, p. 10695–10700, 2017.

²¹ Link de acesso: <https://chlorobox.mpimp-golm.mpg.de/index.html>



DARSHETKAR, A. M. *et al.* Understanding evolution in Poales: Insights from Eriocaulaceae plastome. **PLOS ONE**, v. 14, n. 8, p. e0221423, 20 ago. 2019.

DIERCKXSENS, N.; MARDULYN, P.; SMITS, G. NOVOPlasty: De novo assembly of organelle genomes from whole genome data. **Nucleic Acids Research**, v. 45, n. 4, 2017.

ÉDIS, M. **Direito do Ambiente**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2014.

GOMES, M. F.; FERREIRA, L. J. Políticas públicas e os objetivos do desenvolvimento sustentável. **Direito e Desenvolvimento**, v. 9, n. 2, p. 155–178, 2018.

MESQUITA, R.; MARINELLI, C. E.; PINHEIRO, P. S. Ciência e formulação de políticas de conservação na Amazônia. *In*: PY-DANIEL, L. R. *et al.* (orgs.). **Biodiversidade do médio madeiro**: bases científicas para propostas de conservação. Manaus: INPA, 2007. p. 239–244.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**: 15 vida terrestre. [20--?]. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/15>. Acesso em: 14 set. 2021.

OLIVEIRA MOTA, N. F. de. *et al.* Amazon canga: The unique vegetation of Carajás revealed by the list of seed plants. **Rodriguesia**, v. 69, n. 3, p. 1435–1488, 2018.

TER STEEGE, H. *et al.* Biased-corrected richness estimates for the Amazonian tree flora. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 10130, 2020.

VIANA, P. L. *et al.* Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: História, área de estudos e metodologia. **Rodriguesia**, v. 67, n. 5, p. 1107–1124, 2016.

WEISING, K. *et al.* **DNA fingerprinting in plants: principles, methods, and applications**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2005.

ZAPPI, C. *et al.* Plotting a future for Amazonian canga vegetation in a campo rupestre context. **PLoS ONE**, v. 14, n. 8, p. 1–19, 2019.

INVENTÁRIO DA FAUNA CAVERNÍCOLA DE CARAJÁS PELO USO DE MARCADORES MOLECULARES

Renata Sena Cardoso²²

Amanda Manuely da Silva Oliveira²³

Xavier Prous²⁴

Leonardo Carreira Trevelin²⁵

Gisele Lopes Nunes²⁶

RESUMO: A Serra dos Carajás possui uma elevada quantidade de cavernas que apresentam alto impacto econômico por estarem situadas em áreas ricas em ferro. Abordagens moleculares tem se revelado uma poderosa ferramenta para monitoramentos faunísticos nesses geoambientes. A técnica de DNA *metabarcoding* tem sido amplamente aplicada para identificação de múltiplas espécies a partir de uma amostra ambiental (eDNA) de forma rápida e eficaz. Este trabalho tem por objetivo comparar a eficiência de dois diferentes métodos de inventário da fauna de invertebrados cavernícolas, eDNA e busca ativa (BA). Coletas foram realizadas em 30 cavidades localizadas na Serra dos Carajás (Sudeste Paraense). Amostras de solo foram submetidas a extração de DNA, amplificação por PCR, sequenciamento e análises de bioinformática. Como resultado, avaliou-se a eficiência do uso de DNA *metabarcoding* como método alternativo para monitoramento da biodiversidade em ambientes cavernícolas

Palavras-chave: DNA *metabarcoding*; COI; eDNA; cavidades.

ABSTRACT: Serra dos Carajás has a high number of caves that have a high economic impact because they are located in areas rich in iron. Molecular approaches have proved to be a powerful tool for faunal monitoring in these geoenvironments. The DNA metabarcoding technique has been widely applied to identify multiple species from an environmental sample (eDNA) quickly and effectively. This work aims to compare the efficiency of two different methods of inventorying the cave invertebrate fauna, eDNA and active search (BA). Collections were carried out in 30 cavities located in Serra dos Carajás (Southeast Pará). Soil samples were subjected to DNA extraction, PCR amplification, sequencing and bioinformatics analysis. As a result, the efficiency of using DNA metabarcoding as an alternative method for monitoring biodiversity in cave environments was evaluated.

²² Mestrando em Uso Sustentável dos Recursos Naturais em Regiões Tropicais, do Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável. E-mail: renatasenacardoso@gmail.com.

²³ Mestre em Uso Sustentável dos Recursos Naturais em Regiões Tropicais, do Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável.

²⁴ Mestre em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre pela Universidade Federal Minas Gerais.

²⁵ Doutor em Zoologia pela Universidade Federal do Pará. Docente-Pesquisador pelo Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável.

²⁶ Doutora em Microbiologia Agrícola pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Docente-Pesquisadora pelo Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável.



Keywords: DNA metabarcoding; IOC; Edna; cavities.

1. INTRODUÇÃO

A Serra dos Carajás, é considerada de grande importância econômica devido a elevada concentração de minerais presente em seus solos (SCHAEFER et al., 2016). Esse geoambiente está localizado na floresta Amazônica e apresenta um amplo complexo de cavernas abrigando muitas espécies consideradas endêmicas e/ou ameaçadas (STCP, 2016). A maior parte da biodiversidade cavernícola nessas áreas ainda é desconhecida, principalmente pela dificuldade de acesso humano (MAMMOULA *et al.*, 2020).

O uso de DNA ambiental (eDNA) está avançando rapidamente e sendo amplamente aplicado para detecção da biodiversidade em áreas complexas, viabilizando trabalhos de levantamento (MCCLLENAGHAN *et al.*, 2020). A técnica de DNA *metabarcoding* consiste na identificação taxonômica de várias espécies por meio dos rastros de DNA contido nas amostras ambientais como solos, águas ou sedimentos. Já a técnica tradicional de busca ativa obrigatoriamente necessita da captura direta dos espécimes, qual muitas vezes é dificultada necessitando muitas expedições de campo e taxonomistas especialistas (DEINER *et al.*, 2017). Assim, o presente estudo pretende comparar a eficiência das técnicas de busca ativa (BA) e de DNA *metabarcoding* para levantamento da biodiversidade faunística de cavidades da Serra dos Carajás e sua aplicação em estudos de monitoramento futuros.

102

2. METODOLOGIA

2.1 INVENTÁRIO POR BUSCA ATIVA E DNA METABARCODING

Capturas dos indivíduos (BA) e as coletas de amostras de solo (eDNA) a uma profundidade de 0,5 cm, foram realizadas por consultores e ocorreram em 30 cavidades localizadas na Serra dos Carajás, na área denominada S11B. Todos os dados da busca ativa foram compilados em relatórios contendo inventários elaborados por consultorias. As amostras de solo das zonas afótica, fótica e penumbra das cavidades foram armazenadas em tubos Falcon estéreis de 15 mL, conservadas a -4°C e encaminhadas para o laboratório de Genômica Ambiental no Instituto Tecnológico Vale (Belém-Pará), para seu armazenamento à -80°C. Os metadados associados contendo as informações da coleta e das amostras foram coletados e enviados juntamente com as amostras.

2.2 EXTRAÇÃO, PCR E SEQUENCIAMENTO DE DNA

Amostras de solo foram submetidas a extração de DNA utilizando o kit de extração de DNA QIAGEN PowerSoil® DNA Isolation (QIAGEN, Hilden, Germany), conforme as instruções do fabricante. Posteriormente a concentração do DNA foi verificada por meio de fluorimetria usando Qubit® 3.0 (Thermo Fisher Scientific) e a integridade do DNA verificada por meio de eletroforese em gel de agarose a 1% utilizando-se tampão TBE 1X, depois corado com “Safe Thermo Fisher Scientific” (Life Technologies, Thermo Fisher Scientific Inc.).

A partir do DNA total, fragmentos do gene Citocromo C Oxidase I (COI) foram amplificados via reação em cadeia de polimerase (PCR) utilizando marcadores moleculares. Para as reações de PCR foram utilizados os seguintes reagentes em μL : Tampão 5x (5 μL), MgCl_2 25 Mm (2 μL), dNTP 2 Mm (1,25 μL), UEA5 (*Forward*) 10 Mm (0,25 μL), UEA6 (*Reverse*) 10 Mm (0,25 μL), Taq DNA polimerase da Promega (0,15 μL), DNA (1 μL) e água ultra pura (15,1 μL) com um volume final de 25 μL . As condições da PCR foram realizadas em termociclador com o seguinte perfil de temperatura: Etapa inicial de desnaturação inicial de 95°C por 5 min, seguida por 35 ciclos de 95°C por 40 s, 45°C por 30 s e 68°C por 1 min e 30 seg, e uma extensão final de 72°C por 7 minutos. Em seguida foi realizada a quantificação do DNA através de fluorimetria utilizando o Kit de quantificação de DNA Qubit™ dsDNA HS (High Sensitivity) Assay (Thermo Fisher Scientific) e fluorímetro Qubit® 3.0 (Thermo Fisher Scientific). A qualidade dos amplicons foi verificada quanto ao tamanho por meio de eletroforese capilar, utilizando o Bioanalyzer Agilent Technology 2100. Posteriormente, os amplicons foram purificados utilizando o kit de esferas magnéticas Agencourt AMPure XP (Bechman Coulter, Inc., Brea, EUA), de acordo com as instruções do fabricante. As bibliotecas foram construídas de acordo com o protocolo 16S *Metagenomic Sequencing Library Preparation da Illumina* (Illumina, San Diego, CA, USA), modificado para COI, e sequenciadas pela plataforma Illumina Miseq.

2.3 ANÁLISE DE BIOINFORMÁTICA

As análises de bioinformática foram feitas utilizando o pipeline PIMBA (*A Pipeline for MetaBarcoding Analysis*) (OLIVEIRA *et al.*, 2020). Primeiramente, foi realizada a etapa de trimagem, que consiste na remoção dos adaptadores e o controle de qualidade das sequências utilizando o software *AdapterRemoval* (LINDGREEN,



2012). Ambas foram feitas considerando o valor de qualidade Phred >20. Posteriormente, pares de sequências (*forward* e *reverse*) de alta qualidade foram montadas através do montador Pear (ZHANG *et al.*, 2014).

Após a montagem, foram feitas as etapas de derreplicação das sequências, remoção de sequências únicas e filtragem das menores que 100 pb. Posteriormente, sequências com similaridade >97% serão agrupadas em Unidades Taxonômicas Operacionais (OTUs) utilizando o VSEARCH (ROGNES *et al.*, 2016). A atribuição taxonômica das OTUs foi realizada através da comparação com sequências depositadas no BOLD (www.boldsystems.org) considerando apenas espécies de invertebrados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente estudo buscou avaliar a diversidade de invertebrados cavernícolas em Carajás numa área denominada S11B usando duas diferentes técnicas de inventário, busca ativa e DNA *metabarcoding*. No método de *metabarcoding* a identificação taxonômica foi baseada na identificação das Unidades Taxonômicas Operacionais (OTUs) utilizando como referência o banco de dados público de DNA *barcodes* (Bold - www.boldsystems.org). Um total de 21.571.704 reads foram gerados pelo sequenciamento Illumina, contabilizando uma média de 6.249.259.007 de pares de base por amostra. No total foram identificadas 11 ordens, 26 famílias e 18 gêneros para o filo Artropoda. Dentre as ordens identificadas, Diptera e Lepidoptera foram as mais abundantes, sendo as famílias em destaque Glacillariidae Lonchaeidae e os gêneros Glyphidrilus e Lonchaea (Figura 1). A ordem Diptera pertencente à classe *Insecta* é um grupo comumente encontrado em geoambientes cavernícolas, no entanto alguns gêneros encontrados neste trabalho não possuem registros na América do Sul. Este fato se deve à falta de informações genéticas sobre a fauna da amazônica em bancos de dados públicos (AULER *et al.*, 2019).

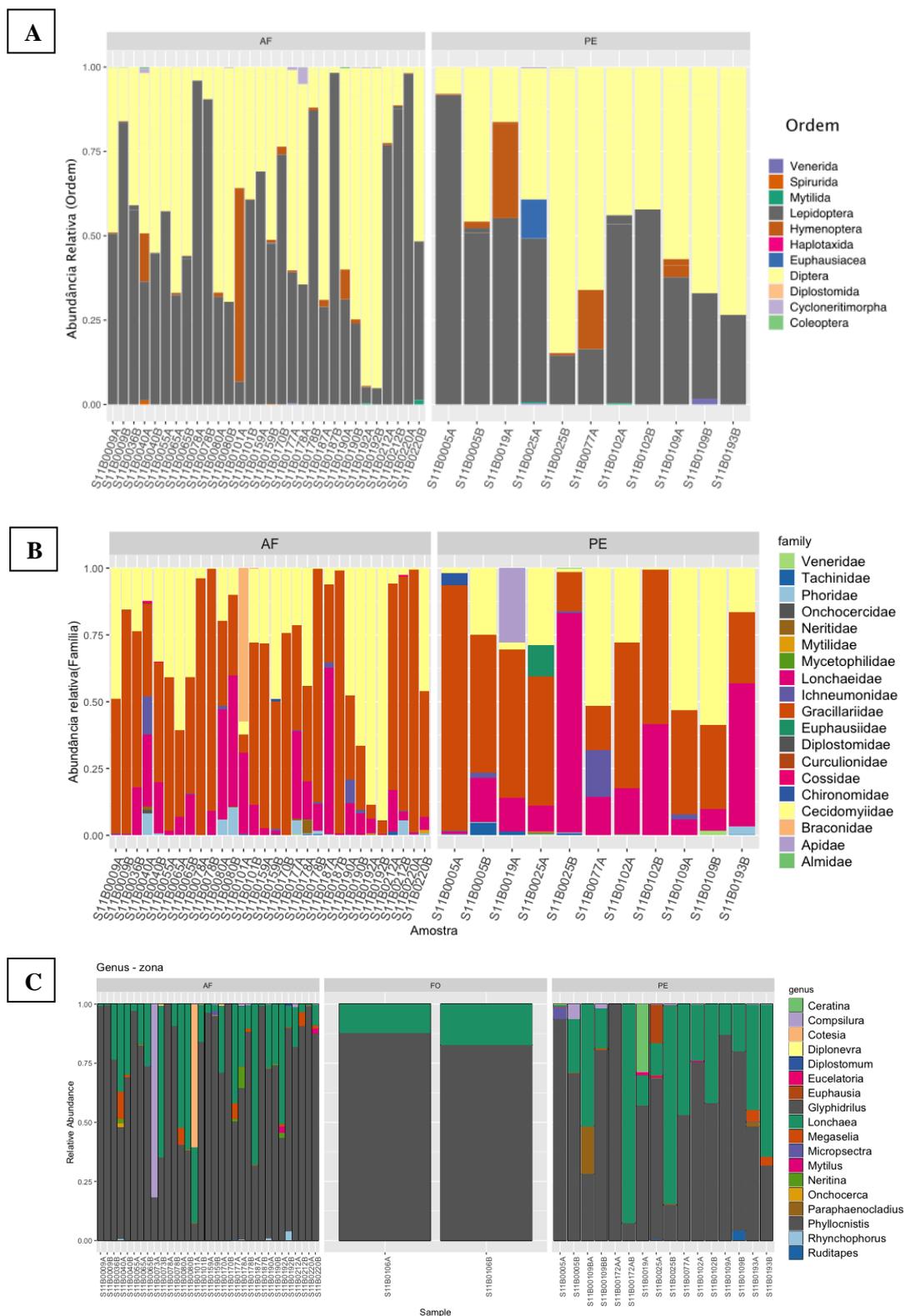
Comparando a nível de ordem, uma maior abundância foi observada com o uso da técnica de BA, isso se deve certamente ao nível de curadoria da informação taxonômica dessa área e a falta de informações genéticas em banco de dados referência. As ordens como Aranea e Mesostigmata, bem como Diptera, Coleoptera, Hemiptera, Himenoptera e Lepidoptera foram amplamente registradas em ambos os métodos de amostragem corroborando para o fato de que correspondem a organismos abundantes em cavidades (Figura 2). A aplicação da técnica de DNA



metabarcoding é comumente usada para monitoramento da biodiversidade, no entanto, a integração entre os dois métodos é importante permitindo um maior acesso a real diversidade amenizando perdas quando é usado apenas um método (RUPPERT *et al.*, 2019).

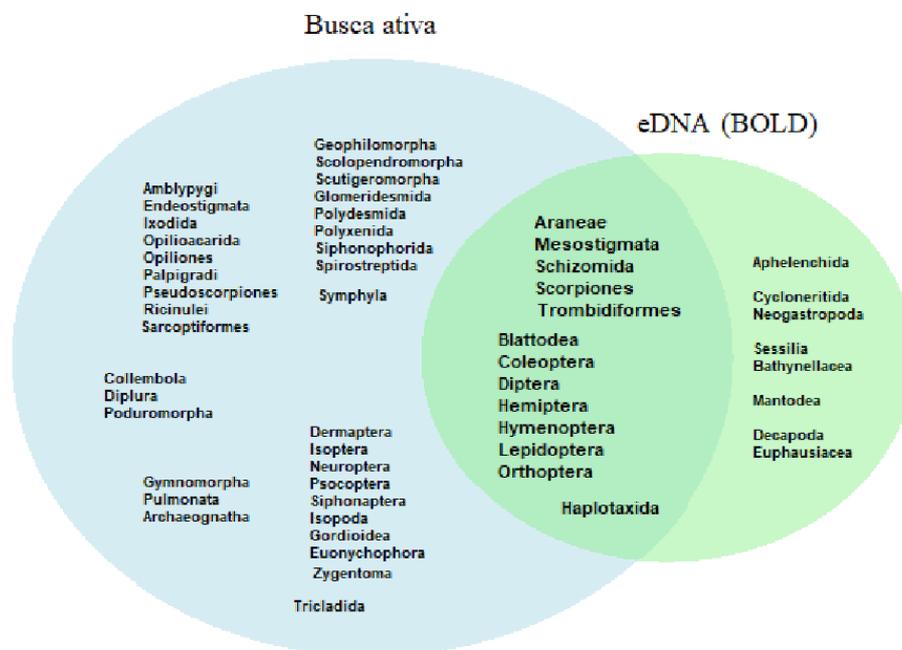


Figura 1 - Abundância relativa calculada a nível de ordem (A), família (B) e gênero (C) amostrada em cada uma das zonas estudadas (Afótica-AF; Fótica-FO e Penumbra-PE).



Fonte: elaborado pelos autores (2021).

Figura 2 – Diagrama de Venn apresentando a composição de Ordens compartilhadas por métodos de amostragem, considerando a base de dados de referência para eDNA do BOLD em comparação ao método de Busca Ativa



Fonte: elaborado pelos autores (2021).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da geração de dados genéticos baseados no gene COI foi realizado o levantamento da diversidade de invertebrados das cavidades em S11B. Foi verificado que a análise comparativa entre os métodos de DNA *metabarcoding* e BA confirma o potencial da técnica de DNA *metabarcoding* como metodologia para amostragem em geoambientes cavernícolas, porém se faz necessário a disponibilidade de banco de dados referência genéticas da Amazônia mais robustos para que os resultados sejam mais curados.

REFERÊNCIAS

AULER, A. S. *et al.* Iron formation caves: genesis and ecology. *In*: WHITE, W.; CULVER, D.; PIPAN, T. (eds.). **Encyclopedia of Caves**. Academic Press, 2019.

DEINER, K.. *et al.* Environmental DNA metabarcoding: Transforming how we survey animal and plant communities. **Molecular Ecology**, v. 26, n. 21, p. 5872–5895, nov. 2017. DOI [10.1111/mec.14350](https://doi.org/10.1111/mec.14350)



MAHÉ, F.; ROGNES, T.; QUINCE, C.; VARGAS, C. de; DUNTHORN, M. Swarm v2: highly-scalable and high-resolution amplicon clustering. **PeerJ**, v. 3, p. e1420, 2015. DOI [10.7717/peerj.1420](https://doi.org/10.7717/peerj.1420)

MAMMOULA, S. *et al.* Scientists' warning on the conservation of subterranean ecosystems. **BioScience**, v. 69, n. 8, p. 641-650, 2019.

McCLENAGHAN, B; COMPSON, Z. G.; HAJIBABAEI, M. Validating metabarcoding-based biodiversity assessments with multi-species occupancy models: A case study using coastal marine eDNA. **PLoS ONE**, v. 15, n. 3, mar. 2020. DOI [10.1371/journal.pone.0224119](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224119)

OLIVEIRA, R. R. M.; SILVA, R.; NUNES, G. L.; OLIVEIRA, G. PIMBA: a Pipeline for Metabarcoding Analysis. *In*: SANTONI, M. M. *et al.* **Advances in bioinformatics and computational biology**. Springer International Publishing, 2021.

ROGNES, T. *et al.* VSEARCH: a versatile open source tool for metagenomics. **PeerJ**, v. 4, p. e2584. 2016. DOI [10.7717/peerj.2584](https://doi.org/10.7717/peerj.2584)

RUPPERT, K, M.; KLINE, R. J.; RAHMAN, MD, S. Past, present, and future perspectives of environmental DNA (eDNA) metabarcoding: A systematic review in methods, monitoring, and applications of global eDNA. **Global Ecology and Conservation**, v 17, p. e00547, jan. 2019.

SCHAEFER, C. E. G. R. *et al.* Geoambientes, solos e estoques de carbono na serra sul de carajás, Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais**, v. 11, n. 1, p. 85-101. 2016. Disponível em: [http://editora.museu-goeldi.br/bn/artigos/cnv11n1_2016/geoambientes\(schaefer\).pdf](http://editora.museu-goeldi.br/bn/artigos/cnv11n1_2016/geoambientes(schaefer).pdf). Acesso em: 17 jan. 2022.

GONÇALVES, A. R. (coord.). **Plano de manejo da Floresta Nacional de Carajás**. [Curitiba: ICMBio, STCP Engenharia de Projetos, 2016]. (vol. 2, Planejamento)





AGRADECIMENTOS

O Workshop de Pesquisa e Pós-graduação (WPGP) do Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável (ITV DS) foi organizado pelas turmas de mestrado ingressas nos anos de 2020 e 2021. Este evento é muito importante para integração dos alunos com o corpo docente e técnico do ITV DS por incentivar a comunicação entre as partes envolvidas. Foi um grande desafio para nós alunos realizar o II Workshop de Pós-Graduação, visto que, estávamos em um momento difícil da pandemia, e os professores, pesquisadores e alunos se mostraram muito competentes e interessados em fazer acontecer mesmo que de forma on-line, que é um momento totalmente novo e diferente. Foi muito difícil para nós alunos, imagino que também para os professores. Nossos sinceros agradecimentos!

O II Workshop de Pós-Graduação e Pesquisa teve como tema *Da ciência à prática: o papel do Instituto Tecnológico Vale frente às necessidades socioambientais*, teve como seu principal público-alvo público científico como a comunidade do ITV DS, docentes, discentes e pesquisadores de outras instituições, docentes e pesquisadores convidados do ITV. Durante todo o período de realização das primeiras etapas de idealização do evento até sua concretização, o envolvimento dos mestrandos com os pesquisadores foi de grande importância para a construção efetiva do II Workshop. Cabe aqui o agradecimento para a coordenação da pós-graduação sob liderança dos pesquisadores Tasso Guimarães e Markus Gastauer por todo apoio e confiança para a realização do seminário.

Agradecemos, também, a nossa direção científica, e as turmas de 2020 e 2021 e todos os pesquisadores que não cessaram os esforços para continuar nos auxiliando, em meio a uma pandemia como esta da Covid-19, não pararam e, além disso, se preocuparam com os estudantes do Instituto complementando com seus conhecimentos através das palestras e sugestões para com nossos trabalhos. De forma geral, à toda família ITV DS que nos permitiu otimizar as relações mesmo que de forma remota e trabalhar a interdisciplinaridade e a colaboração de forma eficiente e significativa. Por tudo o que nos possibilitou ser vivenciado no II Workshop de Pós-graduação e Pesquisa e por todo empenho e esforço daqueles que se comprometeram e acreditaram nesse evento, nosso muito obrigada!





APÊNDICE

II Workshop de Pós-Graduação e Pesquisa

27 a 29 de julho de 2021

- 27/07 (terça-feira)

9h	Abertura – Boas-vindas
9h20	Palestra – Saúde e Segurança ITV
9h35	Perspectivas e desafios da Biodiversidade e seus serviços para o desenvolvimento sustentável
9h55	Genômica Ambiental e suas aplicações nos estudos de biodiversidade da Amazônia
10h15	Palestra com Victor Ximenes (Prefeitura Municipal de Belém; Subsecretaria de Segurança Alimentar e Nutricional [SUSAN])

- 28/07 (quinta-feira)

9h	Sessão “Lighting Talks”
9h20	Palestra – Fomento à pesquisa na Amazônia
9h35	Tecnologia Ambiental a serviço da recuperação de áreas degradadas e produção mineral sustentável
9h55	Geologia Ambiental e Recursos Hídricos: a pesquisa e o progresso na gestão de recursos hídricos na mineração
10h15	Mesa redonda – Influência da pós-graduação na vida profissional

- 29/07 (sexta-feira)

9h	Sessão “Lighting Talks”
9h20	Palestra – Iniciativa privada e sustentabilidade
9h35	Socioeconomia e Sustentabilidade; pesquisando oportunidades e potencialidades dos territórios influenciados pela mineração
9h55	Mesa-redonda – Carajás como área de estudo multidisciplinar
10h15	Considerações finais



A comissão organizadora do evento
convida Pesquisadores, Bolsistas,
Técnicos do ITV e Público Externo a
participarem do

II WORKSHOP DE PESQUISA E PÓS GRADUAÇÃO

114



26 a 28 de Julho de 2021 ||
9h - 11h via Teams

Inscreva-se no link:

<https://forms.gle/Gsg7wUDDHe4U2H9v6>



APÊNDICE C – Arte divulgação do evento com QrCode.



II WORKSHOP DE PESQUISA E PÓS GRADUAÇÃO



26 a 28 de Julho de 2021 ||
9h - 11h via Teams

Inscreva-se no link indicado abaixo ou pelo QRcode:
<https://forms.gle/Gsg7wUDDHe4U2H9v6>







Rua Boaventura, 955, Nazaré
Belém, Pará, Brasil
66055-090

www.itv.org