

REVISTA TWRA

ciência e sustentabilidade

Relatórios Técnicos

Usos da terra sobre os
ecossistemas aquáticos

Monitoramento dos
recursos hídricos

Integração da
restauração ecológica
aos sistemas produtivos

Desafios e
consequências da
descontinuidade de
projetos estratégicos de
restauração ecológica



TWRA
TROPICAL WATER RESEARCH ALLIANCE

QUEM SOMOS

A TWRA (Tropical Water Research Alliance) é uma organização dedicada a promover um ecossistema colaborativo que reúne pessoas e instituições de diversos campos do conhecimento. Nosso objetivo é solucionar questões relacionadas à água, facilitando a interação entre agentes interessados em promover mudanças impactantes e benéficas para a sociedade.

MISSÃO

Preservar o acesso à água de qualidade com sustentabilidade e governança nos ecossistemas tropicais.

VISÃO

Ser o principal interlocutor de soluções sistêmicas relacionadas à gestão e à preservação das águas tropicais no Brasil e na Austrália.

VALORES

Equilíbrio, Reconexão, Sustentabilidade, Segurança, Planejamento, Empatia, Colaboração e Transparência.

Revista da TWRA: Ciência e Sustentabilidade

Um periódico de divulgação científica. Este projeto editorial é uma plataforma essencial para disseminar os dados científicos gerados pela TWRA e outros estudos correlatos e objetiva trazer informações científicas em uma linguagem acessível, informando a sociedade e servindo como ferramenta de gestão para tomadores de decisão.

Estrutura da Revista

A revista conta com diversas seções, abrangendo uma ampla gama de conteúdos relacionados à ciência e sustentabilidade. As principais seções em desenvolvimento são:

- **Projetos TWRA:** Destaque para projetos em andamento e concluídos pela TWRA, incluindo metodologias, resultados e impactos.
- **Opinião:** Artigos de opinião, ensaios e editoriais sobre temas relacionados à água, sustentabilidade e governança ambiental.
- **Notas Técnicas:** Publicações de caráter técnico, como relatórios, guias práticos e estudos de caso com insights aplicáveis.
- **Compliance/Legislação:** Discussões sobre regulamentações e políticas públicas relacionadas à gestão dos recursos hídricos e sustentabilidade. Inclui sub-seções como Marco Regulatório e Pagamento por Serviços Ambientais.
- **Artigos Científicos:** Pesquisas originais, revisões de literatura e estudos científicos rigorosos que contribuam para o avanço do conhecimento.

REVISTA TWRA

ciência e sustentabilidade

RELATÓRIOS TÉCNICOS

Usos da terra sobre os ecossistemas
aquáticos

Monitoramento dos recursos hídricos

Integração da restauração ecológica aos
sistemas produtivos

Desafios e consequências da
descontinuidade de projetos
estratégicos de restauração ecológica

Dezembro de 2024

Execução:



ARAGUAIA VIVO



TWRA
TROPICAL WATER RESEARCH ALLIANCE

Apoio Financeiro:



FAPEG
Fundação de Amparo à Pesquisa
do Estado de Goiás



Ano I, v. 1, n. 2, 2024
Revista TWRA – Ciência e Sustentabilidade,
informação científica em linguagem
acessível para o fortalecimento da
conservação e gestão das águas tropicais.

DOI: 10.21826/9786587422367twra-v1n2

Associação Aliança Tropical de Pesquisa da
Água (TWRA) - CNPJ: 39.904.835/0001-01
Endereço: SQPS 102, lote 13, bloco C, sala
516, Brasília, DF CEP: 71215-630
Brasil

Endereços Digitais:
www.thetwra.org
contato.twra@gmail.com

Equipe Editorial

EDITOR-CHEFE

José Francisco Gonçalves Júnior

CONSELHO EDITORIAL

José Alexandre Felizola Diniz Filho
José Francisco Gonçalves Júnior
Lúcia Helena Ribeiro Rodrigues
Mario Neto Borges
Valéria Ghislotti Iared

EDITOR EXECUTIVO

Rodrigo Antônio Queiroz Costa

EDITORIA DE CONTEÚDO

Larissa Corteletti da Costa
Rafaela Silva de Faria

REDAÇÃO

Lyandra Oliveira da Penha

ASSESSORIA EDITORIAL

Editora Letra1 | Ronaldo Machado

Ano I, v. 1, n. 2, 2024
Revista TWRA – Ciência e Sustentabilidade

Redação

Lyandra Oliveira da Penha | TWRA

Ilustrações*

Rodrigo Antônio Queiroz Costa | TWRA

*Algumas ilustrações digitais desta revista foram desenvolvidas utilizando ferramentas de inteligência artificial e edição digital, refletindo nosso compromisso com a inovação visual.

Convênio 03/2023/2023/FAPEG

CONVÊNIO PARA PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO - PD&I N.º 03/2023, QUE ENTRE SI CELEBRAM A FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE GOIÁS-FAPEG E A ALIANÇA TROPICAL DE PESQUISA DA ÁGUA - TWRA, TENDO POR OBJETO O PROJETO “ARAGUAIA VIVO 2030: PROGRAMA PARA CONSERVAÇÃO SUSTENTABILIDADE”.

José Francisco Gonçalves Júnior

Presidente da Aliança Tropical de Pesquisa da Água - TWRA

Marcos Fernando Arriel

Presidente da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás - FAPEG

SUMÁRIO

- I Usos da terra sobre os Ecossistemas Aquáticos
- II Monitoramento dos Recursos Hídricos
- III Restauração ecológica aos Sistemas Produtivos
- IV Desafios e consequências da descontinuidade de projetos estratégicos de restauração ecológica

EDITORIAL

José Francisco Gonçalves Júnior | Dr. em Ecologia/UFMG

Presidente da TWRA

Em um mundo marcado por mudanças ambientais aceleradas, a busca por soluções sustentáveis nunca foi tão urgente. Água, biodiversidade, e a relação das pessoas com seus territórios estão no centro dos desafios que enfrentamos. Como presidente da TWRA, tenho orgulho de apresentar mais uma edição da *Revista TWRA: Ciência e Sustentabilidade*, um canal de diálogo que une ciência, sociedade e governança em prol de um futuro mais resiliente. Mais do que um periódico, esta publicação reflete nossa essência colaborativa. Aqui, as fronteiras entre academia, sociedade civil e tomadores de decisão se dissolvem, permitindo um trânsito fluido de informações que fomenta a tomada de decisões mais embasadas. O objetivo não é apenas informar, mas inspirar mudanças reais, ampliando o impacto de nossas iniciativas.

Países como o Brasil têm sobre explorado seus recursos hídricos, minerais e florestais, mesmo antes do seu adequado conhecimento. Tal constatação demonstra a necessidade de informações para fornecer à sociedade brasileira orientações técnico-científicas para cobrar uma política para a gestão das bacias hidrográficas. Esta realidade evidencia a necessidade de trabalhos que integrem a pesquisa, a extensão e o ensino em uma visão transdisciplinar para solução de problemas socioeconômicos e ambientais. Isto atende à crescente preocupação quanto à criação de uma gestão que fortaleça do Sistema Nacional de CT&I quanto as questões ambientais, priorizando-se o desenvolvimento socioeconômico, assegurando a sustentabilidade dos usos de recursos hídricos e contribuindo para fazer valer todo investimento na formação de recursos humanos nas últimas décadas. Assim, a TWRA nasceu com o compromisso de preservar o acesso à água de qualidade, promovendo governança e sustentabilidade nos ecossistemas tropicais. A nossa visão é ser um elo global para soluções sistêmicas para gestão e conservação da água, pode ser encontrada nesta revista, que se consolida como uma ferramenta essencial para disseminar conhecimento acessível e transformar ciência em prática. Esta pesquisa esteve inserida em alguns desafios ambientais e sociais importantes apoiando os esforços para cumprir os Objetivos de Desenvolvimento

Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU): ODS 6 – “Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos” que não está focado somente em saneamento e higiene, mas inclui metas para ‘proteger e restaurar ecossistemas relacionados à água, incluindo montanhas, florestas, áreas úmidas, rios, aquíferos e lagos’ (ODS 6.6); para ‘melhorar a qualidade da água reduzindo a poluição’ (ODS 6.3); para ‘aumentar substancialmente a eficiência no uso da água em todos os setores e garantir retiradas sustentáveis’ (ODS 6.4) e ‘implementar gestão de recursos hídricos em todos os níveis, inclusive por meio da cooperação transfronteiriça’ (ODS 6.5). Além disso, a TWRA também irá abordar diretamente o ODS 15.1 “garantir a conservação, restauração e uso sustentável dos ecossistemas de água doce de superfície e subterrânea e de seus serviços”, incluindo as áreas úmidas.

Desde agosto de 2021 a Bacia do Rio Araguaia, porção média, vem sendo estudada pela equipe da TWRA através do projeto aprovado no edital de chamamento público do MDR (na época Ministério do Desenvolvimento Regional, atualmente Ministério da Integração e Desenvolvimento Regional-MIDR) para seleção de projetos para o Programa “Águas Brasileiras”. O modelo de parceria MIDR apenas seleciona propostas qualificadas e busca na iniciativa privada patrocinadores para o projeto aprovado. O projeto aprovado pelo MDR possuía 14 atividades, perfazendo um valor anual de R\$ 4.381.024,73. O Banco Itaú ao negociar indicou que naquele momento possuía recursos para aplicar numa proposta com valor de R\$ 2.000.000,00 para um contrato de dois anos, ou seja, R\$ 1.000.000,00 por ano, correspondendo 23% do que havia sido proposto. Assim, indicamos aos representantes do banco que eles poderiam investir os recursos, escolhendo as atividades de interesse do banco. Dentro desta perspectiva, as atividades em cores diferentes do azul foram a escolhidas e adaptadas financeiramente para esta nova realidade (Figura 1). Durante a negociação, a TWRA diminuiu a sua Despesa operacional para abaixo de 10% e retirou toda a estratégia de comunicação do projeto. Um ponto importante da negociação foi que estes 2 anos seriam um período de teste e que

teríamos a oportunidade no período final do projeto de negociarmos a continuação, pensando também na inclusão das atividades que não foram contratadas. Ao longo do projeto a equipe do Banco Itaú que interagiu com a TWRA teve a sua composição modificada pelo menos 03 vezes, diluindo todos os acordos que estavam sendo construídos. Assim, nunca conseguimos avançar numa estratégia de comunicação pela falta de verbas e nunca foi possível estabelecer contato com o setor de comunicação do banco. Além disso, não conseguimos abrir uma negociação para um desdobramento destes dois anos de projeto, que a seguir apresentaremos os resultados. Nas conversas preliminares, indicamos que na atividade de Restauração seria crítica sem a falta de continuidade, pois a partir de dois anos as mudas começam a crescer e precisam de cuidados para que o processo seja eficaz. Não conseguiremos testar a proposta de um Programa de Monitoramento e nem implementar algumas ações de Bioeconomia a partir dos dados de uso da terra e estratégias de conservação da biodiversidade. Além disso, nunca conseguimos colocar em andamento algumas atividades que não foram contratadas, p.ex. as de interação com a sociedade, que seriam fundamentais para um efetivo desdobramento do projeto para uma política pública eficiente para a sociedade. Gostaria de ressaltar que até o final do governo passado os responsáveis pelo programa Águas Brasileiras (atual MIDR), participavam da reunião e davam algum suporte e orientação ao nosso projeto. No entanto,

após abril de 2023 não conseguimos qualquer suporte e contato, inclusive para a continuidade da proposta. A participação do ministério neste processo seria fundamental, pois são os responsáveis pela política pública, em que poderiam apontar qual a importância da continuidade para o governo e quais rumos seriam também interessantes seguir em conjunto com o patrocinador.

Uma proposta de renovação encaminhada ao Banco Itaú já foi recusada sem qualquer possibilidade de negociação. Vale ressaltar, que ela foi simultaneamente encaminhada ao MIDR, sem qualquer retorno do órgão, sendo que seus representantes não compareceram na reunião em que o Banco Itaú recusou a continuidade do projeto.

Após analisar as informações positivas e negativas do projeto, destacamos o progresso nesta oportunidade de trabalho. Todas as instituições alcançaram sucesso, conforme evidenciado nos dados apresentados neste documento. Vale ressaltar que a TWRA não parou as tentativas de continuidade.

Ao longo desta trajetória ocorreu uma aproximação natural com o CONFAP, culminando com a assinatura de um MoU em 14 de dezembro de 2020, assinado por todos os Presidentes de FAPs dos Estados Brasileiros. A partir deste momento, a TWRA tem apresentado suas propostas de parceira para as FAPs. Em uma reunião realizada em agosto de 2021, o Dr. Robson Vieira, Presidente da FAPEG na época se interessou em uma parceria com a TWRA. Desde então

PLANO ORIGINAL EM 2021 em cores as atividades contratadas com valores por 2 anos



Figura 1. Comparação do projeto aprovado pelo MDR em fevereiro de 2021 e o que foi contratado em agosto de 2021 pelo Banco Itaú.

conversamos na proposição de um projeto/programa para resolver as questões ambientais da Bacia do Rio Araguaia no Estado de Goiás. Como resultado destas discussões, uma ampla equipe foi montada para propor um projeto cujo convênio foi assinado em 21 de julho de 2023 e encontra-se em andamento, agora como Programa Araguaia Vivo 2030, através de um convênio TWRA e FAPEG. Aguardem novos volumes para expressar os resultados mais importantes para o desenvolvimento sustentável da sociedade as margens da Bacia Hidrográfica do Rio Araguaia.

Os temas abordados nesta edição são vitais. Desde estratégias inovadoras de restauração ecológica integradas à produção rural até o monitoramento dos recursos hídricos que sustentam comunidades inteiras, os artigos presentes destacam a importância de equilibrar desenvolvimento econômico com a conservação ambiental. Essas páginas são um convite ao diálogo e à co-criação de soluções, envolvendo todos os setores da sociedade.

Este editorial seria incompleto sem reconhecer o esforço coletivo que tornou esta publicação possível. Agradeço profundamente a todos os autores, revisores e membros da equipe editorial que dedicaram seu tempo e expertise. Vocês são a prova viva de que a colaboração transforma desafios em oportunidades.

Convido você, leitor, a navegar por estas páginas com a mente aberta e o coração engajado. Compartilhe as ideias que ressoarem com você, traga novas perspectivas e faça parte dessa construção coletiva. A *Revista TWRA: Ciência e Sustentabilidade* não é apenas um canal de comunicação; ela é uma alavanca para construir pontes entre conhecimento e ação, entre o hoje e o amanhã. Para saber mais sobre a TWRA e nossas iniciativas, visite <https://thetwra.org/>. Vamos juntos fortalecer a conexão entre ciência, sociedade e governança, e construir um futuro em que o acesso à água e a sustentabilidade sejam uma realidade compartilhada.

COMO CITAR:

Gonçalves Júnior JF. (2024). Editorial. *Revista TWRA*, v. 1, n. 2, p. 5-7. DOI: 10.21826/9786587422367twra-v1n2-5-7



USOS DA TERRA SOBRE OS ECOSISTEMAS AQUÁTICOS

Edivando Vitor do Couto | Dr. em Geografia/UFPR

Yara Moretto | Dra. em Ciências Ambientais/UEM

Dayani Bailly Fernandes | Dra. em Ciências Ambientais/UEM

Natália Stefanini da Silveira | Dra. em Zoologia/UNESP

Marcelo Henrique Schmitz | Mestre em Ciências Ambientais/UEM

O relatório sublinha a necessidade de estratégias de conservação baseadas em dados espaciais e temporais, ressaltando a importância da bacia Tocantins-Araguaia, visto que existem áreas de alta prioridade para conservação fora das unidades de proteção existentes. A integração de ciência e política é crucial para a tomada de decisões que visem à sustentabilidade (práticas sustentáveis e agroflorestais) e à resiliência dos ecossistemas, inclusive considerando cenários de mudanças climáticas. A utilização de ferramentas como mapas de distribuição de espécies e análises detalhadas das mudanças no uso da terra fornecem uma base sólida para a implementação de ações de manejo e conservação eficientes.

INTRODUÇÃO

Em um cenário global de crescente preocupação com a integridade ambiental, o Brasil se destaca como um ponto crítico para a conservação, especialmente em regiões como a Amazônia e o Cerrado. Embora tenham ocorrido avanços significativos na redução do desmatamento, o país ainda enfrenta desafios substanciais devido às práticas insustentáveis de desenvolvimento e decisões políticas que ameaçam a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos. O “Programa Águas Brasileiras” reconhece que a proteção da biodiversidade deve incluir tanto os ecossistemas terrestres quanto os aquáticos, enfatizando a conectividade hidrológica vital para a saúde dos rios e bacias hidrográficas.

A BACIA HIDROGRÁFICA TOCANTINS-ARAGUAIA

A bacia hidrográfica Tocantins-Araguaia, que abrange uma área significativa entre a Amazônia

e o Cerrado, é um exemplo de desafios e oportunidades em conservação. Esta região, representando quase 11% da área total do Brasil, é rica em biodiversidade e fornece importantes serviços ecológicos. No entanto, enfrenta pressões crescentes devido à expansão agrícola, mineração, construção de hidrelétricas e outras atividades que comprometem sua integridade ecológica.

OBJETIVO DO RELATÓRIO

Este relatório visa fornecer uma avaliação abrangente da bacia Tocantins-Araguaia, mapeando a composição do uso da terra, identificando mudanças ao longo do tempo e destacando áreas estáveis para priorização da conservação. O estudo integra cenários climáticos e mapas de adequação de habitat para diversas espécies, categorizando as áreas de conservação de acordo com sua importância.

ATIVIDADE 1

MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES

METAS

Selecionar espécies de vertebrados representativos da bacia Tocantins-Araguaia, considerando os impactos das mudanças no uso da terra e do clima;

Obter os requerimentos ambientais dessas espécies para entender seu comportamento biológico e distribuição.

METODOLOGIA SIMPLIFICADA

1. Identificação das Espécies: Utilização da “Lista Vermelha” da IUCN para identificar espécies de vertebrados da região;
2. Consulta aos Especialistas: Envio de formulários a especialistas para priorização das espécies, com base em sua importância ecológica e econômica;

3. Construção de um Banco de Dados de Ocorrência: Compilação de dados georreferenciados sobre as espécies, abrangendo um período de 1960 a 2021.

RESULTADOS

A lista inicial compreendeu 1.395 espécies, das quais 51 foram selecionadas como alvo, resultando em 1.458 registros georreferenciados na bacia Tocantins-Araguaia. Modelagens de distribuição de espécies foram realizadas para aquelas com informações de ocorrência adequadas:

- Mamíferos (120 espécies);
- Aves (742 espécies);
- Répteis (264 espécies);
- Anfíbios (109 espécies);
- Peixes (160 espécies).

ATIVIDADE 2

BANCO DE DADOS GEOGRÁFICO DO USO DA TERRA E ANÁLISE DE MUDANÇAS TEMPORAIS

METAS

Elaborar um banco de dados geográfico do uso da terra e analisar as mudanças temporais no uso da terra;

Aplicar métricas de qualificação e quantificação da paisagem.

METODOLOGIA SIMPLIFICADA

1. Coleta de Dados: Utilização de dados do projeto MapBiomas para identificar as mudanças no uso da terra na bacia Tocantins-Araguaia;
2. Preparação de Dados: Uso dos softwares QGIS e R para manipulação dos dados e visualização dos mapas;
3. Análise de Mudanças: Realização de análises para identificar a frequência e tendências das mudanças no uso da terra.

RESULTADOS

Foram gerados mapas de intensidade de mudança, linhas de tendência das categorias de uso da terra, análise de ganhos e perdas de área e identificação de áreas estáveis.

Coleta de dados de 1985 a 2020, reclassificados em dez categorias principais.

Perda de área das categorias Floresta Natural (33%), Cerrado (22%) e Campo (14%). Ganho de áreas de pastagem (76%) e agricultura (1228%);

As áreas estáveis entre 1985 e 2020 nas categorias de Floresta Natural e Cerrado, se encontram protegidas por Unidades de Conservação (UC's).

ATIVIDADE 3

MAPA DE REDES DE HÁBITAT E ESTIMATIVA DE DISPERSÃO DE ESPÉCIES

METAS

Produzir modelos de resistência da matriz para diferentes espécies;

Derivar redes de habitat a partir de mapas de qualidade de habitat.

METODOLOGIA SIMPLIFICADA

1. Identificação de espécies de interesse prioritário e o estudo da sua distribuição por meio de Modelos de Distribuição de Espécies (MDE's);
2. Coleta de dados ambientais utilizando fontes como GMTED2010, Earth Env, WorldClim 2.1 e HydroSHEDS;

3. Utilização de Análise de Componentes Principais (PCA) para simplificar os dados ambientais;
4. Geração de mapas avançados que identifica os locais onde as espécies podem viver, conforme as condições necessárias para que elas prosperem.

RESULTADOS

Foram geradas 32.400 projeções futuras para as espécies terrestres e 19.440 projeções futuras para as espécies aquáticas, além de mapas de priorização para a bacia Tocantins-Araguaia.

ATIVIDADE 4

MAPA DE ADEQUABILIDADE DAS ESPÉCIES FRENTE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

METAS

Projetar a distribuição das espécies para 2050, 2070 e 2090, em cenários otimista, intermediário e pessimista de emissão de gases do efeito estufa.

METODOLOGIA SIMPLIFICADA

1. Obtenção de dados de variáveis climáticas, em tempo presente e futuro, pelo WorldClim;
2. Redução da dimensionalidade dos dados climáticos futuros por meio de PCA;
3. Projeção de locais onde as espécies terrestres e as espécies aquáticas teriam maior probabilidade de ocorrência no futuro, considerando diferentes cenários climáticos;
4. Identificação de áreas de refúgio climático para a vida selvagem, com base nos mapas de adequabilidade de habitat para o futuro.

RESULTADOS

Foram estabelecidos 45 refúgios climáticos para o ambiente terrestre e 27 refúgios para o ambiente aquático. Nos mapas gerados para a maioria das espécies terrestres, os refúgios climáticos serão semelhantes no futuro, mediante os 3 cenários analisados. Para as espécies raras e endêmicas, os refúgios climáticos serão restritos a alguns locais específicos. Nos mapas para as espécies aquáticas, observou-se uma diferença acentuada entre os três cenários climáticos. No cenário pessimista, os refúgios são restritos a região dos grandes rios. Também foi possível observar que já existem Usinas Hidrelétricas (UHE) e Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) operando em locais de refúgio climático.

ATIVIDADE 5

SIMULAÇÕES DE MUDANÇAS NO USO DA TERRA E CENÁRIOS DE USO DA TERRA PARA 2030 E 2050

METAS

Diagnosticar o processo histórico de evolução do uso da terra, por meio da avaliação das transições entre categoria de uso da terra ao longo do tempo;

Simular mudanças no uso da terra para os cenários de 2030 e 2050.

METODOLOGIA SIMPLIFICADA

1. Ajuste e análise de mapas de uso da terra de 1990 e 2020, para avaliar as transições entre as categorias de uso;
2. Simulação do uso da terra de 2021 a 2050, com base nos dados de mudança de uso do solo;
3. Análise das categorias de uso do solo: Floresta Natural, Cerrado, Campo, Pastagem e Agricultura, simulando tendências de 2021 a 2050;

4. Utilização do software Dyna-CLUE para as simulações de uso da terra para o futuro.

RESULTADOS

Segundo o modelo Dyna-CLUE, foi detectado um aumento das categorias de Pastagem e Agricultura ao custo da perda de Floresta Natural, Cerrado e Campo, refletindo as mesmas taxas de mudança que ocorreram entre 1985 e 2020.

Comparando os dados de uso da terra de 1985–2020 e os dados simulados para 2050, foi possível observar que a alocação espacial da demanda para Pastagem e Agricultura ocorreu incrementando a área em regiões em que essas categorias já ocorriam. Nos mapas gerados, as áreas de Floresta Natural ficam restritas à porção norte e o Campo à porção leste. As áreas de Cerrado demonstraram 2050 diversos fragmentos, espalhados em área de Pastagem.

ATIVIDADE 6

ESQUEMAS DE PRIORIZAÇÃO PARA O PRESENTE E PARA O FUTURO COM SIMULAÇÕES DINÂMICAS DE USO DA TERRA, INCLUINDO ÁREAS ESTÁVEIS PARA A AGROPECUÁRIA

METAS

Combinar modelos de distribuição de espécies, priorização para conservação da biodiversidade e produção agropecuária;

Identificar áreas prioritárias para conservação e restauração da conectividade funcional da biodiversidade com baixo impacto para a produção agropecuária.

METODOLOGIA SIMPLIFICADA

1. Utilização da ferramenta Zonation 4.0 para identificar quais partes da região estudada são prioritárias para conservação e menos impactantes para a agropecuária

2. Criação de um ranking espacial de “valores para a conservação”, por meio da classificação de pixels de locais com recursos raros ou escassos;
3. Sobreposição de mapas de priorização para ambiente terrestre com os limites das Unidades de Conservação de Proteção Integral e das Unidades de Conservação de Uso Sustentável, e a sobreposição dos mapas para ambientes aquáticos com os empreendimentos hidrelétricos instalados e planejados;
4. Classificação da área de drenagem da bacia Tocantins-Araguaia, em seis categorias de conservação.

RESULTADOS

Foram obtidos mapas de priorização espacial para os ambientes terrestre e aquáticos, ranqueados em 6 classes de importância para a conservação. Na criação do ranking espacial de valores para a conservação (valor entre 0 e 1), os primeiros 25% dos pixels com valores próximos de 1 foram considerados regiões com maior importância para a priorização.

Nas sobreposições às camadas de refúgio climático, o mapa de priorização para ambiente terrestre mostrou que as regiões classificadas entre TOP 5% e TOP 25% coincidem com as áreas de refúgio climático para todos os grupos, nos cenários de mudanças climáticas. Com isso, as áreas de refúgios climáticos são regiões com alto valor para conservação, quando considerada a biodiversidade local. As áreas nas classes TOP 5%, TOP 5–15% e TOP 15–25%, áreas em tons de verde nos mapas, que representam alto valor para conservação, também coincidem com Áreas Úmidas e áreas de Floresta Natural da região quando sobrepostas com os mapas de uso da terra.

Quando o mapa de priorização para o ambiente terrestre é sobreposto aos limites das Unidades de Conservação (UC's), verifica-se que apenas uma quantidade muito pequena de áreas centrais para priorização é coberta por UC's. Muitas áreas definidas como áreas com valor para a conservação estão fora das delimitações das UC's.

Para o ambiente aquático, as regiões importantes para priorização (categorias TOP 5% e TOP 5–15%) coincidem na maioria com os trechos de refúgios climáticos nos três cenários de mudanças climáticas. A sobreposição do modelo de priorização de ambiente aquático com os dados de empreendimentos hidrelétricos da bacia, mostra que regiões que estão entre TOP 5% e TOP 25% coincidem com trechos de rio onde já existem empreendimentos hidrelétricos e onde há projetos para implantação de novas UHE's. Para o cenário futuro de uso da terra, verifica-se que locais onde estão os refúgios climáticos para as espécies em 2050, são coincidentes com áreas de avanço da agropecuária, principalmente de novas áreas de pastagem.

CONCLUSÃO

Desenvolvimento de políticas integradas de uso do solo

Diante da previsão de avanço da agropecuária sobre as áreas de refúgio climático até 2050, é urgente desenvolver políticas integradas de uso do solo que promovam a conservação da biodiversidade em conjunto com práticas agrícolas. A implementação

de incentivos para práticas sustentáveis e agroflorestais, que aliam produção agrícola à conservação florestal, pode ser altamente benéfica. Além disso, é fundamental estabelecer políticas restritivas em áreas prioritárias para a conservação, a fim de prevenir a conversão de terras e proteger esses ecossistemas essenciais.

Expansão e fortalecimento das áreas protegidas

Os dados indicam a presença de áreas de alta prioridade para conservação que estão fora das unidades de proteção existentes, tornando crucial a expansão dessas áreas protegidas para incluir refúgios climáticos. Além disso, é necessário fortalecer a gestão das unidades de conservação já existentes, assegurando recursos adequados e a aplicação efetiva da lei para enfrentar ameaças como o desmatamento ilegal e a caça.

Avaliação ambiental estratégica para projetos de infraestrutura

As sobreposições entre áreas prioritárias e empreendimentos hidrelétricos revelam um potencial conflito, tornando essencial que novos projetos de infraestrutura sejam submetidos a uma Avaliação Ambiental Estratégica (AAE) rigorosa. Essa avaliação deve considerar os cenários de mudanças climáticas e a relevância dessas áreas para a biodiversidade. A priorização de ações de mitigação é crucial, e, quando o desenvolvimento for inevitável, medidas de compensação robustas devem ser implementadas para minimizar os impactos ambientais.

Créditos de carbono e biodiversidade

Dada a significativa sobreposição entre áreas classificadas como TOP 5% a 25% e refúgios climáticos, é imperativo implementar programas de crédito de carbono e créditos de biodiversidade. Esses esquemas incentivam a preservação ao monetizar o carbono armazenado nas florestas e valorizar a biodiversidade, proporcionando um incentivo financeiro para proprietários de terras e empresas locais a manter áreas naturais, em vez de convertê-las para usos que resultem em maiores emissões de carbono e impactos nas espécies.

Promoção de agricultura regenerativa e restauração da natureza

Em áreas onde a agropecuária predomina e se sobrepõe a refúgios climáticos e áreas prioritárias para a conservação, é fundamental incentivar práticas de agricultura regenerativa, que ajudam a manter a saúde do solo e a biodiversidade, além de aumentar a resiliência das comunidades agrícolas às mudanças climáticas. Programas de restauração ecológica são igualmente essenciais, especialmente em locais

severamente degradados e fragmentados, devendo se concentrar na reabilitação de ecossistemas e na reconexão de habitats fragmentados, o que é crucial para espécies que dependem de grandes territórios ou corredores ecológicos para sua sobrevivência.

Implementação de Nature-Based Solutions (NBS)

Dada a importância das áreas de refúgio climático para a biodiversidade aquática, é fundamental priorizar soluções baseadas na natureza em relação a novos empreendimentos hidrelétricos. Isso envolve a proteção de bacias hidrográficas, a restauração de áreas úmidas e matas ciliares, além da implementação de práticas de manejo sustentável de rios e recursos hídricos. Essas abordagens são essenciais para a adaptação aos impactos das mudanças climáticas, por ajudarem a proteger espécies aquáticas e contribuírem para a manutenção da qualidade e disponibilidade de água.

Integração de planos de conservação com projeções futuras

Os esforços de conservação e manejo devem considerar as projeções futuras de uso da terra e mudanças climáticas, exigindo estratégias dinâmicas e adaptativas que respondam a condições alteradas, como variações climáticas, expansão agropecuária ou outros fatores de estresse. É recomendável que o planejamento considere cenários de “business as usual” para garantir que as estratégias de conservação sejam robustas o suficiente para enfrentar desafios futuros. Além disso, é fundamental envolver as comunidades locais em todas as etapas de planejamento e implementação, pois programas de educação e sensibilização podem promover um entendimento comum sobre a importância da conservação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos.

Risco financeiro climático e credibilidade da produção de soja

O risco financeiro climático é uma preocupação crescente para investidores, credores e seguradoras no setor agrícola, especialmente para os produtores de soja na Bacia Tocantins-Araguaia. As mudanças climáticas trazem ameaças como padrões de chuva imprevisíveis, secas prolongadas e temperaturas extremas, afetando diretamente os rendimentos das colheitas. Além disso, mudanças nas políticas

climáticas e nas preferências dos consumidores podem impactar a viabilidade financeira das operações. A produção de soja brasileira enfrenta escrutínio devido a práticas insustentáveis, como o desmatamento, que contribui para a perda de biodiversidade e erosão do solo. Com consumidores e reguladores mais atentos à origem dos produtos, é crucial que os produtores adotem práticas sustentáveis, como sistemas de cultivo que melhorem a saúde do solo e reduzam emissões de gases de efeito estufa, além de implementar rastreabilidade. A diversificação de culturas e a adoção de seguros agrícolas também são estratégias importantes para mitigar riscos financeiros associados à volatilidade climática.

Ênfase no potencial para geração de créditos de carbono e biodiversidade

A União Europeia lidera a implementação de regulamentações rigorosas para commodities importadas, visando combater o desmatamento e promover a sustentabilidade global. O Regulamento da UE 2019/1021, que proíbe a entrada de produtos associados ao desmatamento ilegal, exige que as empresas exerçam diligência em suas cadeias de suprimentos. Para os produtores de soja na Bacia Tocantins-Araguaia, isso implica que o acesso ao mercado europeu estará condicionado ao cumprimento dessas normas ambientais, sociais e de governança (ESG). Isso envolve monitoramento contínuo e avaliação de riscos de desmatamento, verificação da legalidade da conversão de terras e a implementação de sistemas de certificação de terceiros para validar as alegações de sustentabilidade.

O relatório sublinha a necessidade de estratégias de conservação baseadas em dados espaciais e temporais, ressaltando a importância da bacia Tocantins-Araguaia, visto que existem áreas de alta prioridade para conservação fora das unidades de proteção existentes. A integração de ciência e política é crucial para a tomada de decisões que visem à sustentabilidade (práticas sustentáveis e agroflorestais) e à resiliência dos ecossistemas, inclusive considerando cenários de mudanças climáticas. A utilização de ferramentas como mapas de distribuição de espécies e análises detalhadas das mudanças no uso da terra fornecem uma base sólida para a implementação de ações de manejo e conservação eficientes.



Relatório completo disponível em:

https://mega.nz/folder/VEoiwYqB#MEBq_g_t4iHgPNKCXqMiDQ/file/QdgAWRCK

COMO CITAR:

Couto EV, Moretto Y, Fernandes DB, Silveira NS, Schmitz MH. (2024). Usos da terra sobre os ecossistemas aquáticos. *Revista TWRA*, v. 1, n. 2, p. 9-14. DOI: 10.21826/9786587422367twra-v1n2-9-14





MONITORAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Camila Aida Campos Couto | Dra. em Ecologia/UnB

Ludgero Cardoso Galli Vieira | Dr. em Ciências Ambientais/UFG

José Francisco Gonçalves Júnior | Dr. em Ecologia/UFMG

Doriedson Ferreira Gomes | Dr. em Geologia Ambiental/UFF

Alan Mosele Tonin | Dr. em Ecologia/UnB

Guilherme Pereira da Silva de Sena | Dr. em Ecologia/UnB

Flávio Roque Bernardes Camelo | MSc. em Ecologia e Conservação dos Recursos Naturais/UFU

Ana Caroline Alcântara Missias | Doutoranda em Ciências Ambientais/UnB

Leonardo Bezerra da Silva | MSc. em Educação Profissional e Tecnológica/IFCE

Leonardo Antunes Pessoa | Dr. em Ecologia de Ambientes Aquáticos e Continentais/UEM

Angélica Yohana Cardozo Vargas | Dra. em Ecologia e Biomonitoramento/UFBA

Pietro Martins Barbosa Noga | Dr. em Ecologia/UFBA

Loreane Dias Alves | MSc. em Ecologia e Biomonitoramento/UFBA

A Bacia do Médio Araguaia enfrenta intensas pressões ambientais causadas pela urbanização, desmatamento, mineração, agricultura e falta de saneamento, que substituem a vegetação nativa por pastagens e cultivos. Esses impactos comprometem os ecossistemas aquáticos, essenciais para a biodiversidade e o bem-estar humano. Este estudo propõe um programa de monitoramento ambiental que analisa parâmetros físicos, químicos e biológicos, destacando a vulnerabilidade dos riachos e o papel de comunidades aquáticas como fitoplâncton, zooplâncton e macroinvertebrados. Modelos paleolimnológicos também são usados para reconstruir condições históricas dos lagos, identificando padrões de degradação ou recuperação. Essas ações são cruciais para proteger os recursos hídricos, orientar a gestão ambiental e garantir a sustentabilidade da bacia.

INTRODUÇÃO

A integridade dos ecossistemas de água doce está cada vez mais ameaçada pelas atividades humanas, especialmente em regiões tropicais como o Brasil. Com a urbanização, deficiência de saneamento, atividades de mineração, desmatamento e expansão agrícola, torna-se essencial implementar programas de monitoramento ambiental para avaliar e mitigar os impactos dessas atividades. Este estudo foca na Bacia do Médio Araguaia, uma região vital tanto ecológica quanto socioeconomicamente, que sofre pressões significativas devido à substituição da vegetação nativa por pastagens e cultivos. Este capítulo investiga as comunidades biológicas relevantes para o funcionamento de lagos e riachos, como fitoplâncton, zooplâncton e macroinvertebrados aquáticos,

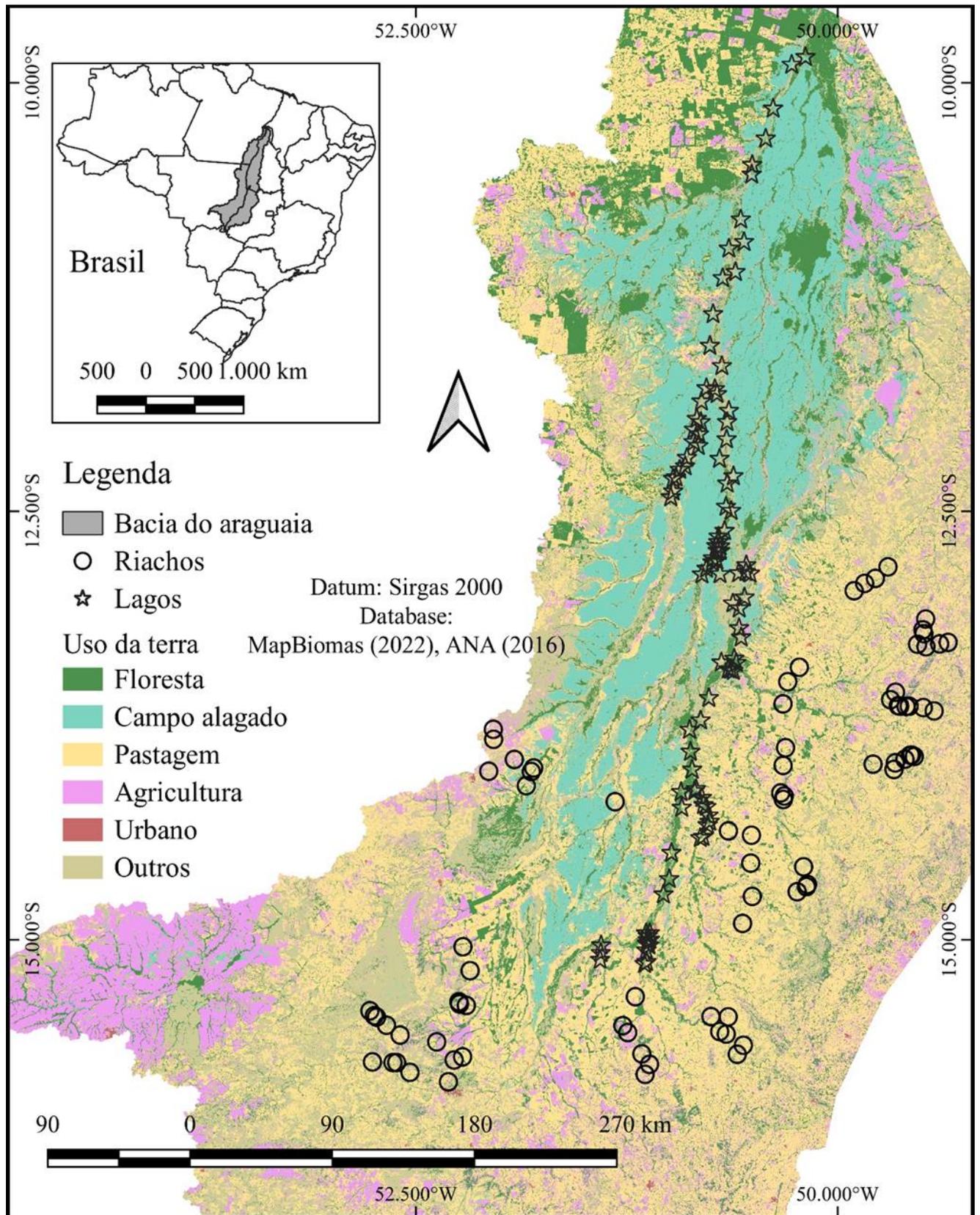
propondo um programa de monitoramento para a bacia do Médio Araguaia.

METODOLOGIA E RESULTADOS PRINCIPAIS

Foram realizadas a avaliação e o monitoramento dos lagos marginais conectados à calha principal do rio Araguaia e seus principais afluentes, bem como os riachos que drenam para os rios principais, em campanhas realizadas em janeiro e maio de 2022.

CAMPANHAS DE AMOSTRAGEM

Objetivo: Coletar dados sobre as comunidades biológicas e variáveis ambientais nos lagos e riachos da bacia do Médio Araguaia, além da avaliação do uso do solo nas regiões de *buffers*.



Bacia hidrográfica do rio Araguaia com destaque ao uso do solo e localização dos pontos de amostragem nos lagos (símbolo de estrela) e riachos (símbolo de círculo).

METODOLOGIA

Foram realizadas duas campanhas de amostragem:

A primeira campanha ocorreu em janeiro de 2022, onde foram avaliados 100 lagos, onde foi realizada a amostragem de fitoplâncton, zooplâncton, macroinvertebrados associados à macrófitas e macroinvertebrados bentônicos. Também foram realizadas medições de variáveis físicas e químicas da água;

A segunda campanha ocorreu em maio de 2022, onde foram avaliados 81 riachos, onde foram realizadas as medições de variáveis físicas e químicas da água, granulometria de sedimentos e vazão. Também foi realizada a amostragem das comunidades de algas perifíticas, fauna perifítica e macroinvertebrados bentônicos;

Adicionalmente, foram coletadas amostras de água e realizadas as avaliações das concentrações de mercúrio na água e no sedimento.

RESULTADOS

Os dados ambientais e biológicos coletados forneceram uma base robusta para a análise das condições dos ecossistemas aquáticos. Foram medidas 42 variáveis ambientais nos lagos e 41 nos riachos, incluindo pH, oxigênio dissolvido, temperatura e outros parâmetros relevantes.

Descrição de variáveis ambientais e biológicas

De forma geral, as águas dos lagos foram levemente ácidas (pH médio de 6,29) e com baixas concentrações de oxigênio dissolvido; A PCA mostrou uma conexão de lagos ligados aos rios Cristalino, das Mortes e Araguaia, caracterizados por águas mais transparentes, maiores áreas de campos alagados e maiores potenciais de oxidação-redução. Também foi possível verificar lagos conectados aos rios Vermelho, do Peixe, Crixás e demais lagos conectados ao Rio Araguaia, caracterizados por maiores valores de condutividade elétrica, pH, sólidos dissolvidos, sódio, mercúrio e maiores áreas de agricultura e pastagem.

A acidez das águas dos riachos foi neutra (pH médio de 7,03), apesar de alguns locais apresentarem valores ácidos (pH atingindo 4,81) e básicos (pH atingindo 8,47), e com elevadas concentrações de oxigênio dissolvido (média de 8,2 mg/L). A PCA mostrou riachos ordenados que tendem a apresentar maiores áreas de pastagem e maiores valores de sólidos em suspensão, condutividade elétrica e pH. Por outro lado, também mostrou riachos que tendem a apresentar maiores áreas com vegetação natural e maiores potenciais de oxidação-redução.

Sobre os grupos biológicos avaliados nos lagos: o fitoplâncton apresentou um total de 253 espécies e 34.427 indivíduos, com média de 40 espécies e 354 indivíduos por lago. O zooplâncton apresentou um total de 261 espécies e 1.434.392 indivíduos, com média de 84 espécies e 14.344 indivíduos por lago. Os macroinvertebrados bentônicos apresentaram um total de 33 taxa e 2.541 indivíduos, com média de 2,6 taxa e 30 indivíduos por lago. Por fim, em relação aos macroinvertebrados, foi registrado um total de 45 taxa e 7.096 indivíduos, com média de 9,6 taxa e 124 indivíduos por lago.

Sobre os grupos biológicos avaliados nos riachos: as algas perifíticas apresentaram um total de 127 espécies e 10.156 ind./cm², com média de 13,4 espécies e 137 ind./cm² por riacho. A fauna perifítica apresentou um total de 365 espécies e 11,84 ind./cm² indivíduos, com média de 25 espécies e 0,15 ind./cm² por riacho. Os macroinvertebrados bentônicos apresentaram um total de 46 taxa e 11.313 indivíduos, com média de 7,6 taxa e 140 indivíduos por riacho.

Análise de concordância

Foram identificados padrões de comunidades concordantes entre os lagos para os seguintes grupos biológicos: fitoplâncton e zooplâncton ($r= 0,47$; $P= 0,0001$), fitoplâncton e macroinvertebrados associados à macrófitas ($r= 0,36$; $P= 0,0009$), fitoplâncton e diatomáceas ($r= 0,53$; $P< 0,0001$), zooplâncton e macroinvertebrados associados à macrófitas ($r= 0,29$; $P= 0,0162$), macroinvertebrados bentônicos e diatomáceas ($r= 0,32$; $P< 0,0002$) e diatomáceas e macroinvertebrados associados à macrófitas ($r= 0,36$; $P= 0,0043$).

Os resultados concordantes entre dois ou mais grupos sugerem que os grupos biológicos podem responder de maneira similar a gradientes ambientais, permitindo a otimização de programas de monitoramento ao considerar um menor número de grupos. Nos riachos, não foram encontrados padrões de ordenação concordantes. Assim, os resultados da análise indicam que não é viável utilizar grupos substitutos na bacia do rio Araguaia.

Contribuição Local para a Diversidade Beta (LCBD)

Conforme os resultados da análise LCBD, os lagos LO3 (zooplâncton), L66 (fitoplâncton e macroinvertebrados bentônicos) e L73 (macroinvertebrados bentônicos) contribuíram significativamente para a diversidade beta regional. Em relação aos riachos, apenas o R62 (fauna perifítica) contribuiu significativamente com a diversidade beta regional. A proposta de monitoramento ambiental na bacia do rio

Araguaia incluiu todas essas localidades, por apresentarem um impacto significativo na manutenção da diversidade beta da região.

Limites ambientais identificados pela análise de táxons indicadores (TITAN)

Lagos: Os macroinvertebrados associados a macrófitas, considerados *taxa* sensíveis (Z-), mostraram uma resposta mais significativa a pequenas alterações no índice de uso da terra (LUI) em um *buffer* de 5 km do que os *taxa* sensíveis dos demais grupos bióticos. Em contraste, os *taxa* tolerantes (Z+) de outros grupos bióticos, especialmente zooplâncton e macroinvertebrados bentônicos, necessitaram de mudanças mais substanciais no uso da terra para aumentar sua densidade. Além disso, os *taxa* sensíveis de macroinvertebrados também reagiram melhor a pequenas alterações no LUI em um *buffer* de 20 km do que os *taxa* sensíveis dos outros grupos. Os *taxa* tolerantes de outros grupos bióticos também exigiram mudanças mais significativas no uso da terra antes de aumentar a densidade, com destaque para os macroinvertebrados bentônicos e zooplâncton.

Riachos: Os macroinvertebrados bentônicos sensíveis (Z-) responderam mais rapidamente a pequenas alterações no índice de uso da terra (LUI) no corredor ripário do que os outros grupos sensíveis. Já os *taxa* tolerantes (Z+) de zooplâncton precisaram de mudanças maiores no uso da terra em comparação com os demais grupos biológicos.

Além disso, a fauna perifítica sensível reagiu melhor a pequenas alterações no LUI da bacia de drenagem do que os outros grupos sensíveis. Por outro lado, os *taxa* tolerantes (Z+) de fitoplâncton demandaram mudanças mais significativas no uso da terra do que os outros grupos.

Modelos de árvores de regressão (BRT)

Lagos: Os locais com maior oxigenação das águas apresentaram maior diversidade e equitabilidade da comunidade de zooplâncton em geral, especialmente de grupos específicos como Copépodes e Rotíferos. Além disso, os indicadores de rotíferos foram relacionados ao mercúrio presente nos sedimentos. O fitoplâncton foi um grupo cujos indicadores apresentaram influência do uso do solo, principalmente por agricultura e pastagem. Os indicadores para os macroinvertebrados bentônicos (diversidade e o índice BMWP) foram relacionados à turbidez e a concentração de mercúrio da água, indicando uma redução nesses índices. Por fim, os indicadores de maior relevância para os macroinvertebrados foram o mercúrio na água e no sedimento; este poluente foi

relacionado negativamente à diversidade e à riqueza dos macroinvertebrados bentônicos.

Riachos: Os indicadores de algas perifíticas (diversidade de Shannon e equitabilidade) foram influenciados negativamente pela turbidez da água. Semelhantemente, a abundância dos macroinvertebrados bentônicos foi influenciada negativamente pela turbidez da água e pela porcentagem de agricultura na bacia de drenagem. Os indicadores relacionados à fauna perifítica (riqueza de espécies e índice de Shannon) e a grupos específicos de fauna perifítica (tecamebas) foram explicados pelo pH da água, mas também por variações no uso do solo e pelo nitrato dissolvido na água.

Em um programa de monitoramento, poderiam ser utilizadas a abundância de macroinvertebrados bentônicos como indicador das alterações de uso do solo pela agricultura, a riqueza de cladóceros (grupo da fauna perifítica) para alterações gerais de uso do solo na bacia e no corredor ripário, e a diversidade (Shannon) do grupo das tecamebas (grupo da fauna perifítica) como indicador de presença de esgotos domésticos ou outros efluentes com concentração de nitrogênio.

Índice de Saúde das Águas Tropicais (ISAT)

Trata-se de uma abordagem de integridade ecológica, que considera aspectos das pressões humanas sobre os ecossistemas.

Metodologia: modelo baseado em três tipos de indicadores: pressão, condição e resposta (P-C-R). Os indicadores de pressão (P) tratam das ameaças humanas ao meio ambiente, como remoção de vegetação, lançamento de poluentes e alteração física dos cursos d'água. Os indicadores de "condição" (C) ou "estado" tratam do desempenho do meio ambiente. Os indicadores de "resposta" (R) são baseados nas reações da sociedade às tendências de qualquer um dos demais indicadores, para melhorar ou corrigir problemas, e podem incluir a elaboração de políticas públicas, engajamento social e ações de gestão.

O ISAT foi dividido em duas camadas: pressão e condição. Como a região do Médio Araguaia não possui enquadramento dos corpos hídricos em classes de uso e indicadores claros de resposta, não foram incluídos os indicadores de resposta.

Resultados: O ISAT revelou que 60% dos lagos estão em condições boas ou muito boas, enquanto 75% dos riachos estão em condições moderadas ou ruins. Os riachos são mais suscetíveis a alterações diante das pressões antrópicas do que rios de maiores dimensões como o Araguaia, isso porque, por se tratar de cursos d'água estreitos e rasos, a conexão com o ambiente



Coleta de amostras e dados nos riachos (A a I), com destaque para a coleta de macroinvertebrados (D e E), perifiton (F) e variáveis físicas e químicas da água (G e H).

externo é muito mais intensa. Além disso, quando há a perda da vegetação adjacente ao corpo hídrico, essas interferências são ainda maiores, uma vez que se perde a proteção da vegetação, facilitando a entrada de sedimentos e demais poluentes. Os esforços justificam-se ainda mais quando consideramos que um rio de maior volume, como o Araguaia, sustenta-se a partir da contribuição justamente dos riachos de menor porte, tanto em termos de volume d'água quanto em condições ecológicas.

Nos lagos, observou-se um gradiente de melhora na qualidade ambiental dos locais mais a montante (parte mais ao sul) para jusante (parte mais ao norte) do rio Araguaia e seus grandes afluentes. Isso pode ser atribuído ao uso do solo, que é bem mais fragmentado na porção sul da bacia. A metodologia destacou a necessidade de esforços maiores para a preservação dos riachos, os quais são mais suscetíveis a alterações devido às pressões antrópicas.

Análises paleoecológicas nos lagos

Com o intuito de identificar as variáveis ambientais que influenciam a estruturação das comunidades de diatomáceas nos lagos da bacia do rio Araguaia, foi utilizada uma Análise de Correspondência Canônica (CCA). Entre as dez variáveis analisadas, seis foram selecionadas como significativas: pH, profundidade, condutividade, oxigênio dissolvido, nitrato e transparência. Estas variáveis explicam 58% da variância na distribuição das diatomáceas.

Resultados:

Eixos da CCA: o primeiro eixo (que corresponde a 34% da variação) correlaciona-se com profundidade, oxigênio dissolvido, condutividade e pH. O segundo eixo (que corresponde a 24% da variação) correlaciona-se com nitrato e transparência.

Gêneros de diatomáceas: *Discostella*: associada a lagos mais profundos. *Nupela*, *Fragilaria* e *Navicula*: associadas a lagos com maior oxigênio dissolvido e transparência. *Hantzschia*, *Stauroneis* e *Caloneis*: associadas a pH e condutividade.

A partir dos dados das comunidades de diatomáceas e das variáveis limnológicas dos lagos, foi possível separar o trecho médio do rio Araguaia em duas metades: primeira seção – lagos mais ácidos e com alta condutividade; segunda seção – lagos mais profundos, transparentes e com alto oxigênio dissolvido. As diatomáceas foram encontradas em 91% das amostras,

com a variação da concentração possivelmente ligada à dissolução das valvas ou condições de coleta, já que a campanha de coletas foi realizada no período de águas altas a região.

Desenvolvimento de modelos de funções de transferência

Foram desenvolvidos modelos para entender a relação entre as comunidades de diatomáceas e as variáveis pH, profundidade, condutividade, oxigênio dissolvido, nitrato e transparência utilizando o método de Média Ponderada - Mínimos Quadrados Parciais (WA-PLS). Os modelos mostraram variações nos coeficientes de determinação (r^2) e nos erros de previsão, indicando potencial para melhorar a reconstituição das condições históricas dos lagos.

Reconstituição de variáveis limnológicas

A aplicação dos modelos a dados de diatomáceas em testemunhos de sedimentos mostrou que os melhores resultados foram apresentados para a variável condutividade, seguida por pH e profundidade.

Limitações e futuras direções

Os modelos utilizados demonstram grande potencial, mas ainda há espaço para aprimoramentos que os tornem mais robustos. Atualmente, os resultados indicam uma tendência de superestimar valores baixos e subestimar valores altos das variáveis, comprometendo a precisão. Um dos aspectos mais desafiadores está relacionado à profundidade dos lagos, uma variável altamente complexa, influenciada por fatores como a presença de macrófitas, a morfometria do sistema e de sua bacia, os fluxos de entrada e saída de água, o sombreamento sobre o espelho d'água, além da direção e intensidade dos ventos. Essa multiplicidade de influências reforça a necessidade de maior refinamento nos modelos para poderem refletir com mais precisão as condições ambientais reais.

Outro ponto crítico é a coleta de dados, que precisa ser realizada em diferentes períodos para minimizar interferências nas reconstituições e assegurar representatividade. No estudo do rio Araguaia, o grupo de treinamento foi construído com dados de apenas uma campanha, realizada no período de águas altas, o que pode gerar ruídos nos resultados. Além disso, é imprescindível ampliar o gradiente de variáveis ambientais amostradas, permitindo melhorar a precisão dos modelos.

CONCLUSÕES

Este estudo destaca a importância de um monitoramento completo dos ecossistemas aquáticos da Bacia do Médio Araguaia, que enfrentam crescente pressão das atividades humanas, como a agricultura e a remoção de vegetação nativa. A análise das variáveis ambientais e biológicas em lagos e riachos mostrou que os riachos são especialmente vulneráveis, reforçando a necessidade urgente de ações de preservação e recuperação. Um programa contínuo de monitoramento, que inclua tanto parâmetros físicos e químicos quanto indicadores biológicos, é fundamental para entender as dinâmicas ecológicas e reduzir os impactos das mudanças no uso do solo.

O uso de modelos paleolimnológicos também se mostrou promissor para reconstruir as condições históricas dos lagos, permitindo uma visão mais detalhada das mudanças ambientais ao longo do tempo e ajudando a identificar tendências de degradação ou recuperação. Com essa abordagem, o monitoramento passa a ser uma ferramenta crucial para a conservação dos recursos hídricos, fornecendo dados confiáveis que podem guiar decisões de gestão ambientais mais eficazes e sustentáveis para os sistemas aquáticos da bacia do Araguaia.



Relatório completo disponível em:

https://mega.nz/folder/VEoivYqB#MEBq_9_t4iHgPNKCXqMiDQ/file/QdgAWRCK

COMO CITAR:

Couto CAC, Vieira LCG, Gonçalves Júnior JF, *et al.* (2024). Monitoramento dos recursos hídricos. *Revista TWRA*, v. 1, n. 2, p. 17-23. DOI: 10.21826/9786587422367twra-v1n2-17-23



INTEGRAÇÃO DA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA AOS SISTEMAS PRODUTIVOS

Solange Ikeda | Dra. em Ecologia/UNEMAT
Lidiamar Barbosa de Albuquerque | Dra em Ecologia/Embrapa Cerrados
Edson Eyji Sano | Dr. em Ciência do Solo
Daniel David Franczak | Doutorando Botânica/TWRA, UFRGS
Marcos Aurélio Carolino de Sá | Dr. Ciências do Solo/Embrapa Cerrados
Marina de Fátima Vilela | Dra em Ciências Florestal
Isabel Cristina Ferreira | Dra. em Zootecnia/Embrapa Cerrados
Ana Clara Alves de Melo | MSc. em Ciências Ambientais
Giovana Maranhão Bettiol | Mestre em SIG
Juaci Vitória Malaquias | MSc. Ciências de Materiais e Modelagem/Embrapa
Grazieli Madalosso | Bióloga
Ailson Oliveira Soares | Técnico em Logística
Iury Oliveira | Estudante de Ensino Médio

A Integração da Restauração Ecológica à Pecuária (IRPE) é uma abordagem inovadora que combina a recuperação ambiental com a produção rural sustentável, trazendo benefícios ecológicos e econômicos. Essa metodologia usa o manejo do gado para ajudar no plantio de árvores nativas do Cerrado, minimizando a competição entre vegetação forrageira e arbórea, além de reduzir riscos como incêndios. O objetivo é melhorar a produtividade das propriedades, aumentar os serviços ambientais e proporcionar retorno financeiro ao produtor. O estudo busca testar a eficácia dessa metodologia em unidades demonstrativas, selecionando propriedades representativas da região. Embora a fase inicial do projeto tenha sido concluída, ainda é necessário mais tempo para observar os efeitos da restauração na qualidade do solo, com a expectativa de melhorias a médio e longo prazo devido ao aporte de matéria orgânica pelas árvores.

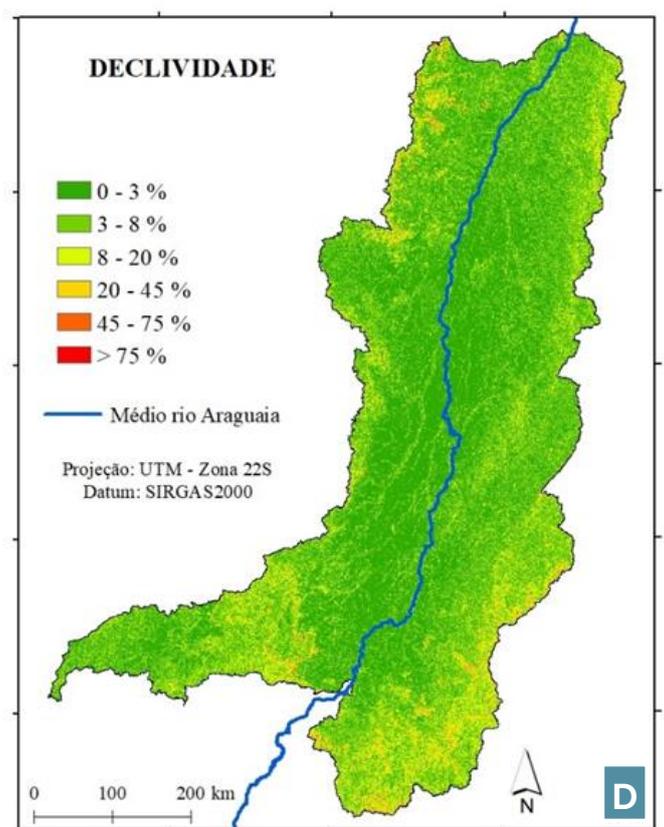
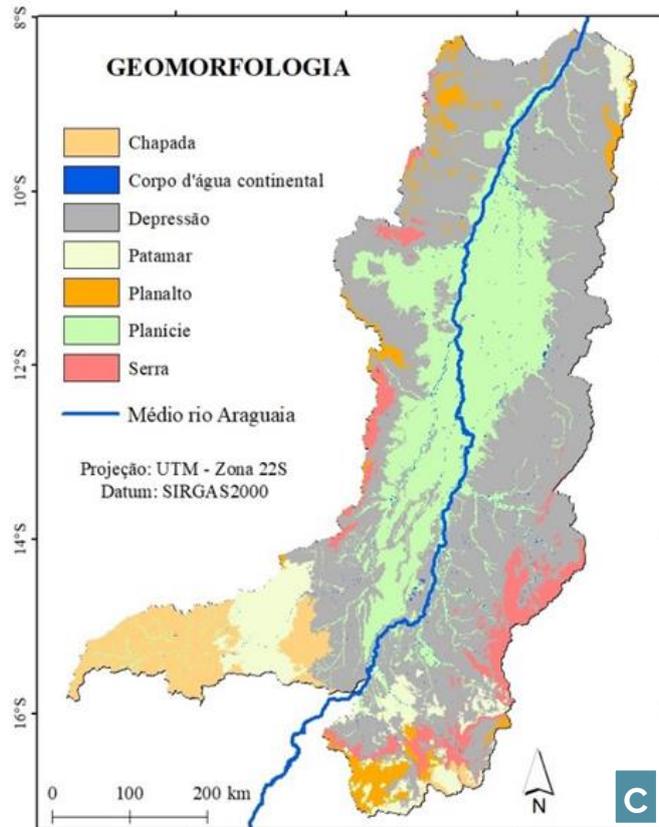
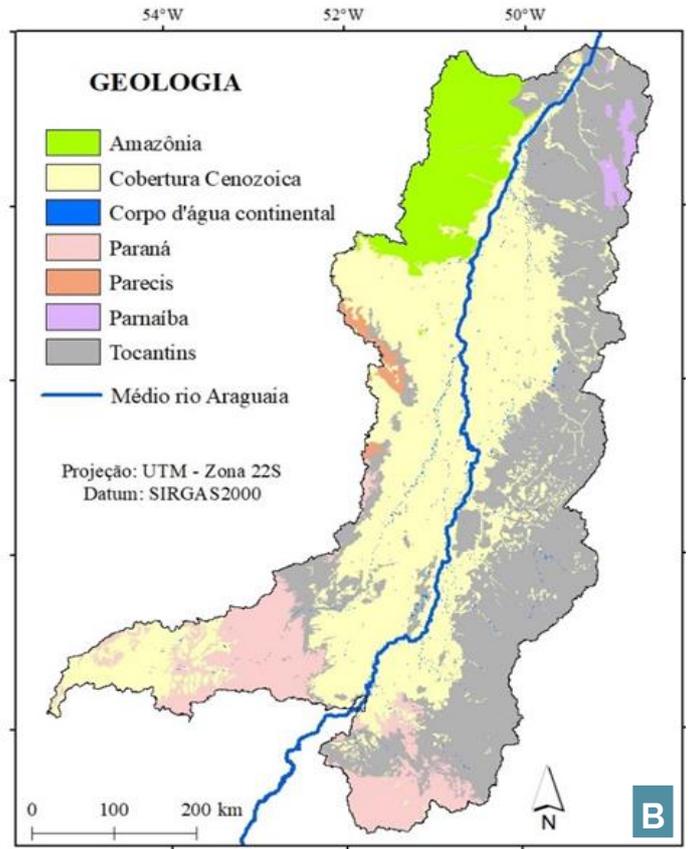
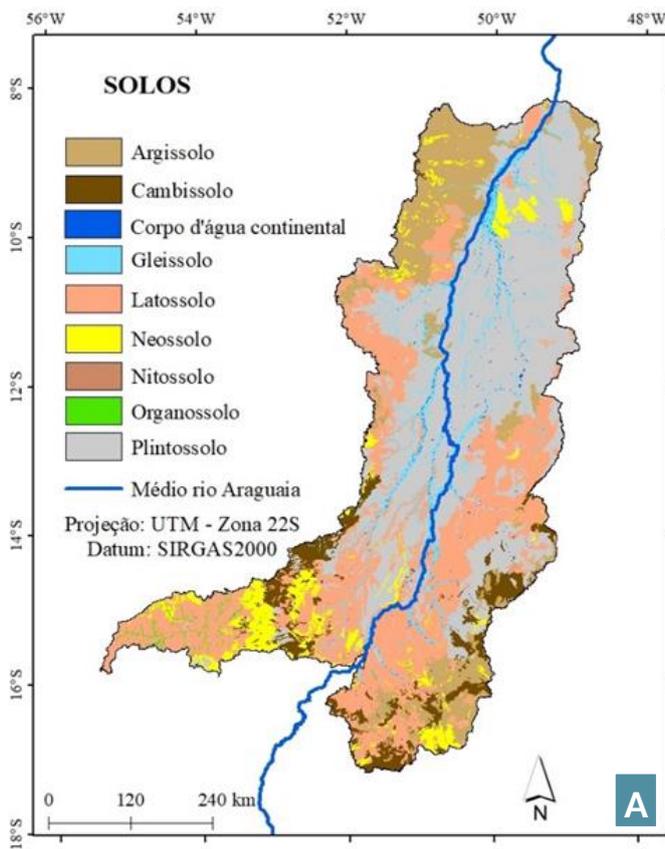
INTRODUÇÃO

Este capítulo aborda a integração da restauração ecológica com sistemas produtivos sustentáveis, focando na metodologia de Integração da Restauração Ecológica à Pecuária (IRPE). Essa abordagem visa aumentar a produtividade dos sistemas agrícolas enquanto melhora os serviços ambientais e proporciona retorno financeiro. A IRPE utiliza o manejo adequado do gado para promover o estabelecimento de espécies arbóreas nativas do Cerrado, beneficiando-se

do pastejo para minimizar a competição entre plantas forrageiras e árvores e reduzir a ocorrência de incêndios na propriedade rural.

OBJETIVOS

1. Caracterização do uso e ocupação da região em estudo e análise da paisagem;
2. Promoção da adoção da integração da restauração ecológica à pecuária.



Mapa de solos (A), geologia (B), geomorfologia (C) e de declividade (D) da bacia do Médio Araguaia. Os três primeiros mapas foram adquiridos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) na escala de 1:250.000. O mapa de declividade foi produzido com base no modelo digital de elevação da JAXA (AW3D30).

ATIVIDADE 1: CARACTERIZAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO E ANÁLISE DA PAISAGEM DA REGIÃO

Meta 1

Diagnóstico ambiental e análise da paisagem

METODOLOGIA

Área de estudo: Médio Araguaia, que abrange desde a cidade de Registro do Araguaia (GO) À Conceição do Araguaia (PA);

Procedimentos metodológicos: baseados em estudos anteriores, que utilizaram variáveis ambientais para analisar processos erosivos e dados multi-escalares de várias fontes (MapBiomias, IBGE, JAXA e ANA). Foram consideradas as variáveis: uso e cobertura da terra, solos, geologia, geomorfologia, declividade e precipitação;

Uso e cobertura da terra: dados do MapBiomias do período de 1985-2020;

Caracterização física do médio Araguaia: bases de dados pedológicos, geológicos e geomorfológicos (IBGE). Declividade (ALOS Global Digital Surface Model – AW3D30). Erosividade calculada conforme metodologia de Magalhães e Moldenhauer (1992). Pluviosidade (estações pluviométricas disponibilizadas pela ANA);

Suscetibilidade à erosão: método Analytic Hierarchy Process (AHP) e implementada no ArcGIS. Classificada como muito baixa, baixa, média, alta e muito alta;

Perda de solos: utilização da equação universal de perda de solos (USLE);

Vulnerabilidade natural: metodologia baseada em elementos geológicos, geomorfológicos, pedológicos, uso da terra e climáticos.

RESULTADOS

Uso e cobertura da terra – séries temporais (1985-2020): Formações campestres, campos alagados e áreas pantanosas encontram-se predominantemente no centro da bacia, ao longo do leito do Araguaia e seus afluentes. Extensa conversão de áreas florestais para pastagens. Mapeamento mostra predomínio de áreas com pastagens cultivadas, com aumento expressivo especialmente entre 1985 e 2005. Conversão de

áreas naturais para agrícolas pode aumentar a suscetibilidade à erosão e causar assoreamento dos rios, afetando o ciclo hidrológico. A agricultura apresentou uma tendência de redução de área entre 1985-2000, mas essa tendência foi invertida em 2020.

Caracterização física: predominância de Plintossolos, Latossolos e Argissolos. Os Plintossolos apresentam sérios problemas de conservação, principalmente devido à presença de cascalhos. A geologia da bacia do Médio Araguaia é formada principalmente pela província estrutural de Tocantins. Quanto à geomorfologia, há um predomínio de Depressões e Planícies. As classes mais expressivas de declividade na bacia do Médio Araguaia são: plana, suave-ondulada, ondulada e forte-ondulada.

Suscetibilidade à erosão: Nessa região, as áreas com baixa suscetibilidade à erosão correspondem à 41,4%. As áreas com média suscetibilidade de erosão correspondem à 56%. Nesses ambientes, os tipos de relevo predominantes são as depressões, planaltos e planícies, estando a erosão diretamente ligada à declividade. Os solos mais predominantes na bacia favorecem a desagregação de partículas, sendo áreas instáveis, sujeitas a rupturas em relevos mais acidentados. Os campos alagados, pastagem e agricultura fazem com que a suscetibilidade à erosão seja maior, pois o coeficiente de infiltração é menor do que o escoamento superficial.

Perda de solos: A região estudada possui erosividade média a muito forte, o que pode estar relacionado com a precipitação local, ou seja, quanto maior a precipitação, maior é a erosividade da chuva. A erodibilidade do solo varia de muito baixa a extremamente alta, estando relacionados aos Gleissolos, Organossolos e Argilossolos. O fator LS (potencial topográfico de erosão hídrica laminar) indicou menores taxas de escoamento superficial, conseqüentemente, baixa erosão hídrica laminar. As maiores perdas de solo estão relacionadas à Agricultura e Pastagem (maiores

índices dos fatores C e P). Sobre a perda de solo, as estimativas de perdas anuais foram calculadas em 93,57% para a região, indicando perda de solo com baixo potencial erosivo.

Vulnerabilidade ambiental: foram encontradas quatro unidades predominantes de vulnerabilidade da paisagem: Medianamente Estável/Vulnerável, Moderadamente Estável, Moderadamente Vulnerável e Vulnerável. As classes Moderadamente Vulnerável, ocupando 43% da área total, seguida pela classe Medianamente Estável/Vulnerável, responsável por 28% da área total. A vulnerabilidade é média/baixa onde não há ocupação antrópica, como as áreas de matas e lagoas, estando associada a elevados níveis de proteção. Os locais onde a vulnerabilidade é alta foram ocupados principalmente por pastagem e agricultura. A cobertura vegetal é um fator relevante para o equilíbrio da paisagem e sua ausência pode comprometer não só os solos, mas também a qualidade da água pelo uso indiscriminado de agrotóxicos e adubos químicos nas áreas agrícolas.

Meta 2

Diagnóstico ambiental e análise da paisagem – Cocalinho (MT)

METODOLOGIA

Área de estudo: Município de Cocalinho, Mato Grosso.

Procedimentos metodológicos: Baseados nos mesmos realizados na Meta 1, com recorte específico para a área de estudo da Meta 2.

RESULTADOS

Uso e cobertura da Terra: em 1985 a região era composta por 89% de áreas naturais (formação florestal, savânica, campestre e campos alagados); 9% de áreas antrópicas (pastagem e agricultura); 0,24% de áreas não vegetadas (urbana e mineração). Em 2020, esse quantitativo passou para 76% de áreas naturais; 21% de áreas antrópicas; 0,45% de áreas não vegetadas. Ao longo dos 35 anos analisados, o município perdeu 13% de áreas naturais, e houve um aumento para 20% de pastagens e 21% de agricultura, em 2020.

Caracterização física: Solos: Plintossolos (61,747%), Latossolos (21,084%), Gleissolos (13,666%), Neossolos (3,356%) e Argissolos (0,148%); **Geologia:** Predominância de Cobertura Cenozoica (89,46%) e Província do Tocantins (8,33%); **Geomorfologia:** Planícies (71%), Depressões (26%) e Patamares (3%);

DISCUSSÃO

Em todas as unidades estudadas, foi constatada a presença de pastagens e solos expostos, tornando as áreas mais vulneráveis à degradação ambiental. O processo de denudação acelera a perda de solo e compromete a qualidade da paisagem, que sofre com alterações no uso da terra, como construção de estradas, urbanização e redução da cobertura vegetal. Essas mudanças tornam o ambiente mais suscetível a impactos como assoreamento de cursos d'água, alteração de drenagens fluviais, retirada de vegetação e extração mineral, muitas vezes causando danos irreversíveis.

Os resultados do estudo destacam a necessidade de ações de preservação e conservação para manter a dinâmica ambiental da bacia. Essas informações são fundamentais para subsidiar o planejamento do uso e ocupação do solo, a adoção de boas práticas de manejo e a formulação de políticas públicas que promovam a sustentabilidade ambiental da região.

Declividade: Plano (73%), Suave Ondulado (20,62%) e Ondulado (5,89%).

Suscetibilidade à erosão: áreas com média suscetibilidade (76,97%), baixa suscetibilidade (20,32%), áreas de alta e muito alta suscetibilidade (2,66%). Distribuição dos solos em Latossolos nas áreas de baixa suscetibilidade; Plintossolos, nas áreas de média e alta suscetibilidade; Neossolos em áreas com suscetibilidade muito alta. Quanto à geomorfologia, as Planícies foram predominantes nas áreas com baixa, média e alta suscetibilidade. Os patamares sobressaíram nas áreas de suscetibilidade muito alta. Em relação ao uso e ocupação da terra, nas áreas de alta e muito alta suscetibilidade foram expressivas as pastagens.

Perda de solos: Erosividade forte, estando relacionada com a maior precipitação local. Erodibilidade do Solo, variando de baixa a alta erodibilidade. O Fator LS (Potencial topográfico de erosão hídrica laminar), indica que a região possui baixas taxas de escoamento superficial e menor erosão hídrica laminar. O mapa de uso e cobertura da terra de 2020 indicou 76% de áreas naturais no município. Quanto às estimativas de perdas anuais de solo, a região apresenta nenhuma ou ligeira perda de solo.

Vulnerabilidade natural: em relação à vulnerabilidade geológica e geomorfológica, observa-se a predominância de uma paisagem moderadamente vulnerável. Quanto ao uso e ocupação da terra, os valores obtidos indicaram uma paisagem estável. Quanto a intensidade pluviométrica (IP), indicam uma paisagem moderadamente à vulnerável.

Classificação das paisagens: Moderadamente Estável (1%), Medianamente Estável/Vulnerável (44%), Moderadamente Vulnerável (22%) e Vulnerável (33%);

Distribuição das classes: Moderadamente Estável localizada nas áreas de Depressões, com tipo Latossolos, predominando Formações Florestais; Medianamente Estável/Vulnerável (43% do território), localizada nas Planícies, com tipo Plintossolos, predominante em Campos alagados e Áreas Pantanosas; Moderadamente Vulnerável (21% do território), ocorrendo nas Planícies, com tipo Latossolos, composto pela Formação Savânica; A classe Vulnerável (32% do território), ocorre nas Planícies, com tipo Plintossolos, composta pela Formação Savânica.

Meta 3

Seleção de áreas potenciais para implantação de Unidades Demonstrativas (UDS) de Integração Restauração Ecológica a Pecuária (IRPE)

A atividade teve como objetivo caracterizar o uso e ocupação da região para apoiar a seleção de propriedades adequadas à instalação de Unidades Demonstrativas (UDs) destinadas a experimentos de Integração da Restauração Ecológica à Pecuária (IRPE). Como parte desse processo, foi elaborado um diagnóstico ambiental para o município de Cocalinho, servindo de base para identificar as propriedades mais aptas a receber os experimentos.

Com base nos diagnósticos, cinco propriedades rurais conhecidas na região foram inicialmente avaliadas. Visitas técnicas realizadas em outubro e dezembro de 2021 possibilitaram estreitar a relação com os proprietários rurais e entender as especificidades de cada área. Após essa etapa, duas propriedades foram selecionadas para a instalação das UDS: a Fazenda Três Irmãos, localizada na Área de Preservação Permanente (APP) do rio Corixo da Saudade, e a Fazenda Reunidas Cristalino, situada na APP do rio Cristalino.

Meta 4

Adaptação do Índice de Qualidade da Paisagem (IQP) para a Bacia do Médio Cristalino, Município de Cocalinho (MT)

METODOLOGIA

O estudo teve como base o Índice de Qualidade da Paisagem (IQP), adaptado por Vilela *et al.* (2011) para áreas de bovinocultura de corte no Cerrado, permitindo uma análise detalhada das modificações estruturais e espaciais causadas por atividades humanas na paisagem. A área de estudo abrange a Bacia do Médio Cristalino, que corresponde a 54% da bacia do rio Cristalino e 2% da bacia do Médio Araguaia. O mapeamento de uso e cobertura da terra foi realizado com imagens do satélite *PlanetScope*, de alta resolução espacial (4,77 metros), obtidas via *Google Earth Engine* e analisadas no QGIS, utilizando dados de setembro de 2022. Foram identificados passivos ambientais em Áreas de Preservação Permanente (APPs) hídricas, com vetorização de corpos d'água e

definição de *buffers* conforme a Lei 12.651/2012. O IQP, que varia de 0 (qualidade extremamente baixa) a 5 (melhor qualidade), avaliou a paisagem com base em cobertura vegetal nativa, fragmentação, áreas degradadas e APPs, fornecendo uma visão ampla e detalhada da qualidade ambiental da região.

Cobertura vegetal nativa: O cálculo obteve um percentual de 72,56% de cobertura vegetal nativa na área de estudo. O Índice para Cobertura Vegetal Nativa foi igual a 4 (conforme a escala de Braum-Blanquet).

Fragmentação: O cálculo para isolamento aponta que 40,94% dos fragmentos são isolados (distância superior a 180 m do fragmento mais próximo). O Índice para Isolamento foi igual a 2 (conforme a escala de Braum-Blanquet).

O Índice para Contribuição dos Fragmentos de vegetação nativa foi igual a 1,99% da cobertura total de vegetação nativa. O Índice para Fragmentação foi igual a 3 (base isolamento e contribuição).

Área degradada: Neste cálculo, foram consideradas áreas de mineração e com incidência de queimadas. Foi obtido um percentual de 2,83% da área (204,88 ha de mineração e 17.792,21 ha com queimadas). O Índice de Área Degradada foi igual a 4 (conforme a escala de Braum-Blanquet).

Área de Preservação Permanente (APP): Para o cálculo, foi considerada a relação entre APP preservada e a área total da APP, sendo encontrado um percentual

de 92,108% das APP's preservadas. Índice para APP igual a 4 (conforme a escala de Braum-Blanquet).

Resultados: Foram identificadas as seguintes classes de uso e cobertura da terra: área alagada ou pantanosa, corpos d'água, formação florestal, formação savânica/ campo de murundus, fragmentos de formação florestal (isolada em uso antrópico), mineração e uso antrópico.

A área do passivo ambiental em APP's Hídricas foi de cerca de 4.061,28 ha, representando um déficit ambiental em 29%.

IQP: resultando em 3,75. Indicando uma qualidade da paisagem moderada, com pontos críticos que necessitam de intervenções.

Meta 5

Anuência dos produtores rurais para participar do projeto

METODOLOGIA

A participação dos produtores rurais foi essencial para o sucesso das ações do projeto. Foram realizadas reuniões com proprietários e/ou gerentes das fazendas para apresentar a proposta e os resultados preliminares do uso e ocupação do solo, permitindo que eles avaliassem o interesse em implantar as Unidades Demonstrativas (UD's) em suas propriedades.

RESULTADOS

Articulação inicial: Foi realizada pelo Sr. Ademir (contratado pela TWRA) em Cocalinho-MT, que pré-selecionou quatro propriedades. A partir destas, obtiveram-se os pontos georreferenciados das áreas potenciais onde os produtores mostraram interesse em receber a equipe para apresentar a proposta. Essas informações ajudaram a identificar outras propriedades potenciais segundo os critérios da "Caracterização do Uso e Ocupação da Terra".

Visitas técnicas: Em outubro de 2021, foi realizada a primeira visita técnica. O grupo foi recebido pelo presidente do sindicato rural de Cocalinho (Sr. Aparecido), proprietário da Fazenda Caiçara e com visão estratégica de produção aliada à conservação, que indicou outras propriedades potenciais. Seis propriedades foram visitadas e a Fazenda Cristalino foi selecionada por atender a todos os critérios.

Parceria e comprometimento: Iniciou-se uma parceria com o produtor Sr. Hélcio Ávila, onde ficou acordado que seria feita a caracterização da vegetação e a florística dos remanescentes de mata ciliar na segunda visita técnica.

Segunda visita técnica: Realizada na primeira quinzena de dezembro de 2021, onde foi realizada a coleta de material para identificação das espécies da florística e estudo fitossociológico. Durante essa visita, a sétima fazenda (Dr. Hugo) também foi visitada e se enquadrou nos critérios do projeto.

Meta 6

Adotar metodologia para seleção de espécies com base em seu potencial de restaurabilidade e uso das espécies nativas do cerrado

METODOLOGIA

Caracterização da vegetação: Primeiramente, a vegetação nativa remanescente foi caracterizada e as espécies foram identificadas. A escolha tradicional das espécies para a restauração é baseada

em características ecológicas: capacidade de atrair fauna, arquitetura da planta e categoria sucessional.

Critérios combinados: Atualmente, combina-se critérios ecológicos, sociais e técnicos para a seleção. Albuquerque et al. (2019) propuseram o uso do

Potencial de Restaurabilidade e Uso (PRU) das espécies nativas, que integra o Potencial Ecológico (PE) e o Potencial de Uso (PU) das espécies.

Potencial Ecológico (PE): Baseado em critérios como categoria sucessional, tipo de fruto, capacidade de atração de fauna e área de projeção de copa.

Levantamento florístico: A caracterização da vegetação dos remanescentes de mata ciliar e o levantamento florístico foram realizados.

RESULTADOS

Características da região: Cocalinho (MT) está em uma das maiores planícies de inundação sazonal do Brasil, com relevo plano e fragmentos de Mata Ciliar, Cerradão, Cerrado Típico e Campos de Murundus. As matas ciliares são caducifólias na estação seca e estão associadas aos rios Cristalino e Corixão do Meio, com espécies como *Calophyllum brasiliense*, *Cecropia*, *Xylopia emarginata*, *Hymenaea courbaril*, *Hirtella glandulosa*, entre outras.

Influências e coletas: As matas ciliares estão sob forte influência da pecuária extensiva e do desmatamento. Na Fazenda Cristalino, 432 coletas resultaram em 400 indivíduos amostrados e 900 exsicatas, identificando 38 espécies. Na Fazenda Três Irmãos, 200 coletas identificaram 25 espécies.

Caracterização ecológica: A caracterização ecológica das espécies seguiu a metodologia de Albuquerque et al. (2019). A lista das espécies para a recomposição das áreas onde as Unidades Demonstrativas foram implantadas foi composta a partir dessa caracterização.

Viveiros visitados: Viveiros visitados incluíram Ipê e Pró-Floresta (Goiânia, GO), Ecoverde (Cuiabá, MT), Florestal Copayba (Pontal do Araguaia, MT), Rede de Sementes (Nova Xavantina, MT), e Paisagem Nativa (Planaltina, DF). O viveiro Paisagem Nativa atendeu às necessidades de riqueza de espécies e mudas com altura mínima de 50 cm.

ATIVIDADE 4: AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DO PASTOREIO BOVINO NA SOBREVIVÊNCIA E CRESCIMENTO DAS MUDAS DE ESPÉCIES NATIVAS EM EXPERIMENTO DE RESTAURAÇÃO

Meta 7

Preparo das áreas para implantação das unidades demonstrativas de integração da de restauração ecológica a pecuária

METODOLOGIA

Demarcação das Unidades Demonstrativas (UDs):

Localização: Fazenda Reunidas Rio Cristalino e Fazenda Três Irmãos, em Cocalinho/MT;

Período: demarcação feita em junho de 2022;

Coleta de Solos: primeira coleta realizada nas parcelas dos dois tratamentos e propriedades. Métodos: anéis volumétricos para amostras indeformadas (0-5cm e 5-10cm) e trado holandês (0-10cm).

Preparo da Fazenda Cristalino: agosto de 2022.

Desafio: proliferação da espécie nativa cagaita (*Eugenia dysenterica*);

Medidas: levantamento da cobertura e destoca da cagaita (retirada a 15-20 cm de profundidade), feito em novembro, início das chuvas;

Construção de Cercas: para isolar a mata ciliar do acesso do gado e para o tratamento controle (sem gado).

Etapas do preparo do terreno: Demarcação e coroaamento manual das covas (60 cm de diâmetro);

Coveamento com perfurador motorizado (30 cm de diâmetro e 80 cm de profundidade).

Aduação: distribuição de esterco, calcário dolomítico, NPK e gesso no fundo da cova.

Plantio: mudas com altura média de 50 cm.

Controle de Formigas: antes e depois do plantio.

RESULTADOS

Análise do solo: Solos coletados enviados para análise laboratorial (resultados apresentados na meta 9).

Cobertura da cagaita: Percentuais de cobertura: similar nos dois tratamentos, T1 = 18,7%, T2 = 23,2%;
Observação: Alto percentual de solo exposto, indicando potencial expansão da cagaita e gramíneas.

Manejo da cagaita: Implementação da destoca em novembro para controlar a proliferação.

Paralelamente, construção das cercas e coveamento para o plantio de mudas nativas.

Meta 8

Implantação das áreas demonstrativas de integração da de restauração ecológica a pecuária

METODOLOGIA

Escolha das propriedades e estrutura das Unidades Demonstrativas (UDs): As Unidades Demonstrativas (UDs) foram estabelecidas em duas propriedades: a Fazenda Reunidas Rio Cristalino e a Fazenda Três Irmãos, localizadas em Cocalinho—MT. Cada fazenda conta com uma UD composta por dois tratamentos: T1, com bovinos jovens de 12 a 18 meses, e T2, sem bovinos, ambos com três repetições. O manejo dos bovinos no tratamento T1 seguiu uma baixa taxa de pastejo (450 kg/ha), com entrada na área quando a pastagem atingia 30 cm e saída ao alcançar 15 cm, assegurando a manutenção da vegetação e o controle do impacto animal.

Plantio de mudas: O plantio de mudas foi realizado nas duas fazendas participantes. Na Fazenda Cristalino, foram plantadas 600 mudas por tratamento, totalizando 1200 mudas, enquanto na Fazenda Três Irmãos foram 330 mudas por tratamento, totalizando 660 mudas. Após o plantio, cada muda foi

etiquetada e protegida com copos plásticos descartáveis para prevenir ataques de formigas, garantindo maior segurança e viabilidade no desenvolvimento das plantas.

RESULTADOS

Distribuição das espécies e mudas: Separação das espécies por grupos funcionais; Distribuição das mudas por tratamento nas unidades demonstrativas (UDs).

Etapas do plantio: Cuidados Pré-Plantio: Irrigação das mudas e controle de formigas no viveiro improvisado;

Construção de cercas: Confecção das cercas nas UD's;

Preparação do solo: Abertura e adubação das covas;

Distribuição das mudas: Organização das mudas em linhas/parcela/tratamento; Plantio: Plantio das mudas e adubação de cobertura com esterco; Identificação: Colocação de etiquetas de identificação nas mudas.

Meta 9

Monitoramento das unidades demonstrativas de integração da restauração ecológica a pecuária

METODOLOGIA

Monitoramento de restauração ecológica: O monitoramento da restauração ecológica inclui a avaliação de vários parâmetros, como a cobertura de regenerantes e gramíneas, o percentual de sobrevivência das mudas, o crescimento em altura das espécies plantadas e a qualidade do solo ao longo de 4 a 5 anos. A intensidade do pastoreio dos bovinos também é analisada, comparando a biomassa de gramíneas nos tratamentos T1 (sem pastoreio) e T2 (com pastoreio). Além disso, é realizada uma avaliação do desempenho das espécies nativas, observando a herbivoria foliar, caulinar e o número de ramos quebrados.

A coleta de dados é feita no tempo zero, 30 dias após o plantio e após seis meses, com monitoramento anual subsequente.

Avaliação de gramíneas: A avaliação das gramíneas é realizada por meio de coletas aleatórias em pontos de 1 m² por parcela, onde são medidas a altura e a biomassa das gramíneas. Após a secagem das amostras, os dados são extrapolados para hectare. A taxa de pastejo é calculada por meio de uma análise descritiva dos dados coletados, proporcionando uma visão detalhada da dinâmica das gramíneas nas diferentes parcelas.

Desempenho das espécies: O desempenho das espécies é avaliado por meio da análise da sobrevivência, do crescimento em altura e da resposta à herbivoria. A avaliação considera a frequência, a intensidade e o tipo de herbivoria, sendo estas observadas em diferentes partes da planta, como ápice, folhas e caules. Essa abordagem permite redefinir a trajetória ambiental da área em processo de restauração.

Solo: O efeito do pisoteio no solo nas áreas de restauração ecológica é avaliado por meio da análise de atributos físicos e químicos. Os atributos físicos, como densidade aparente e porosidade, são analisados, assim como os atributos químicos, incluindo fertilidade, macronutrientes e matéria orgânica. As amostras de solo são coletadas nas camadas superficiais (0 a 5 cm e 5 a 10 cm) para entender o impacto do pisoteio proporcionado pelo gado.

RESULTADOS

Cobertura de solo: Após o manejo inicial, observou-se a maior cobertura de gramíneas nas duas UD's, seguida por áreas com solo exposto. Esse padrão é característico de regiões dedicadas à pecuária, refletindo as condições típicas de uso do solo em atividades agropecuárias.

Sobrevivência das mudas: Após 30 dias de plantio, a sobrevivência das mudas foi de 93% na Fazenda Três Irmãos em T1 e 91% em T2, sem diferença significativa ($p = 0,37032$). Já na Fazenda Cristalino, a sobrevivência foi de 85% em T1 e 97% em T2, com diferença significativa ($p = 4,49944 \text{ E-}06$), indicando maior sobrevivência das mudas no tratamento sem bovinos (T2).

Meta 10

Análise estatística dos efeitos da integração da restauração ecológica à pecuária

METODOLOGIA

Abordagem Estatística: Análise descritiva, utilizando média, desvio padrão e coeficiente de variação.

ANOVA: verificação dos pressupostos (normalidade, homogeneidade da variância e independência dos resíduos);

Teste de Tukey: comparação das médias dos tratamentos;

Teste de Kruskal-Wallis: utilizado quando os pressupostos não foram atendidos;

Análise de Cluster: agrupamentos de espécies por similaridade no comportamento da sobrevivência e fatores influentes;

Taxas de crescimento anual: analisadas com modelo de regressão linear, validada via Teste T e coeficiente de validação (R^2).

RESULTADOS

Análise da cobertura de regenerantes: A cobertura de regenerantes apresentou percentual ainda baixo, com maior disponibilidade de capim (gramíneas) na estação chuvosa em ambas as propriedades. O solo exposto foi maior em T1 (manejado com gado) em ambas as estações. Na Fazenda Cristalino, observou-se maior cobertura de gramíneas em T1 durante a estação chuvosa, enquanto o percentual de solo exposto foi maior em T2. Na estação seca, a maior

cobertura de gramíneas foi registrada em T2, e o solo exposto foi mais prevalente em T1.

Análise da biomassa de gramíneas: O pastejo em baixa lotação resultou na redução da biomassa de gramíneas em 21% na Fazenda Três Irmãos e 27% na Fazenda Cristalino. O manejo adequado do gado pode contribuir para a redução de custos com roçagem, capina e aceiros. Recomenda-se manter o gado em baixa densidade para garantir que a biomassa de capins seja reduzida a menos de 10%, favorecendo o controle da vegetação nas áreas de restauração ecológica.

Análise da sobrevivência: A maior sobrevivência preliminar das mudas foi observada nas áreas sem gado (T2). Na Fazenda Três Irmãos, a sobrevivência média foi de 65% em T1 (com gado) e 83% em T2 (sem gado), enquanto na Fazenda Cristalino a sobrevivência média foi de 64,5% em T1 e 81,7% em T2. Fatores como herbivoria foliar e danos causados no ápice e caule das mudas influenciaram esses resultados. A análise de Cluster revelou grupos com variações significativas na sobrevivência das mudas, indicando maior capacidade de formação de brotos nas áreas com menor impacto de herbivoria.

Análise do crescimento: A análise de Cluster revelou diferentes agrupamentos de espécies em relação ao crescimento, indicando variações nas respostas das plantas aos tratamentos. No entanto, foi observada a

necessidade de mais tempo de monitoramento para identificar padrões consistentes de crescimento, uma vez que o desenvolvimento das espécies pode ser influenciado por diversos fatores ambientais e de manejo ao longo do tempo.

Caracterização do solo: Os solos das áreas estudadas são de textura média, pobres em nutrientes e ácidos, com baixa fertilidade e alta saturação por alumínio, impondo severas limitações ao crescimento das raízes das principais culturas comerciais. A densidade e porosidade do solo indicam serem adequados para o desenvolvimento de plantas forrageiras, mas os solos tendem à degradação, apresentando perda de capacidade de armazenamento, ciclagem e suprimento de nutrientes para as plantas. Portanto, é recomendável realizar monitoramento contínuo e avaliações futuras para observar eventuais melhorias na qualidade do solo ao longo do tempo.

DISCUSSÃO

A integração da restauração ecológica à pecuária demonstrou efeitos positivos, como a redução da

biomassa de gramíneas e dos custos relacionados ao manejo. A sobrevivência das mudas foi significativamente maior em áreas sem gado, destacando a importância de um manejo adequado para favorecer a regeneração natural. A caracterização do solo indicou limitações ao crescimento das culturas, mas com potencial para recuperação a longo prazo. Isso reforça a necessidade de monitoramentos anuais e intervenções regulares, incluindo o controle de espécies invasoras e a manutenção da qualidade do solo.

CONCLUSÃO

A combinação da restauração ecológica com a pecuária pode favorecer a regeneração natural e diminuir os custos de manejo, caso sejam adotadas práticas apropriadas. No entanto, é fundamental realizar um monitoramento contínuo e implementar intervenções específicas para assegurar o sucesso a longo prazo desse processo de restauração ecológica.



Relatório completo disponível em:

https://mega.nz/folder/VEoiwYqB#MEBq_g_t4iHgPNKCXqMiDQ/file/QdgAWRCK

COMO CITAR:

Ikeda S, Albuquerque LB, Sano EE, *et al.* (2024). Integração da restauração ecológica aos sistemas produtivos. *Revista TWRA*, v. 1, n. 2, p. 25-34. DOI: 10.21826/9786587422367twra-v1n2-25-34

DESAFIOS E CONSEQUÊNCIAS DA DESCONTINUIDADE DE PROJETOS ESTRATÉGICOS DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA

O Projeto Piloto de “Desenvolvimento Sustentável e Conservação da Biodiversidade da Bacia Hidrográfica do Tocantins-Araguaia” representa uma importante iniciativa de pesquisa, essencial para a formulação de políticas públicas que promovam o uso sustentável e a proteção de uma das regiões mais ricas em biodiversidade do Brasil. No entanto, a sua continuidade está ameaçada, com implicações significativas para o meio ambiente e a sociedade. A descontinuidade do projeto, caso não seja superada, interromperá o processo de restauração ecológica e a implementação de metodologias inovadoras como o Sistema de Integração Restauração Ecológica à Pecuária (IRPE), essenciais para conciliar a conservação com a produção agropecuária.

Entre os principais desafios enfrentados na execução, destacam-se questões como a falta de recursos financeiros, a pandemia de COVID-19, que dificultou o acesso às propriedades, e os impactos de um período chuvoso atípico que atrasou as atividades de campo. Apesar dessas adversidades, o projeto seguiu com suas atividades essenciais no cronograma previsto, avançando no plantio e monitoramento das Unidades Demonstrativas de Restauração Ecológica. O acompanhamento contínuo da vegetação, a análise do solo e o monitoramento da recuperação ambiental são etapas fundamentais para garantir a eficácia da restauração, sendo que a interrupção prematura do projeto pode comprometer os dados coletados e impedir a consolidação de resultados robustos e publicáveis.

A descontinuidade do projeto traria uma série de consequências negativas. Primeiramente, os investimentos já realizados podem ser substancialmente perdidos, principalmente em relação ao desenvolvimento da metodologia de restauração, que demanda no mínimo cinco anos de monitoramento para garantir a sobrevivência e o crescimento das mudas plantadas. Além disso, o projeto também visa contribuir

para a formulação de políticas públicas voltadas para a sustentabilidade ambiental e o uso responsável dos recursos naturais, representando uma oportunidade única de transformar dados científicos em ações concretas de preservação e recuperação de ecossistemas.

Diante disso, é essencial que novas soluções sejam buscadas para viabilizar a continuidade do projeto. A prorrogação do prazo e a alocação de novos recursos são fundamentais para garantir que o investimento feito até aqui não seja em vão, permitindo que os experimentos sejam finalizados e que a nova metodologia seja testada em toda a sua extensão. Além disso, o monitoramento contínuo das Unidades Demonstrativas, com replantios e avaliações anuais, é crucial para consolidar as práticas de restauração e gerar informações relevantes para os produtores rurais e para a sociedade em geral.

Por fim, a parceria público-privada é um componente essencial para o sucesso do projeto. A colaboração entre o setor público, representado pelo Ministério da Integração e Desenvolvimento Regional (MIDR), e o setor privado, exemplificado pelo Banco Itaú, tem o potencial de gerar impactos positivos e duradouros na conservação ambiental e no desenvolvimento sustentável da região. A descontinuidade do projeto, infelizmente, coloca em risco essa parceria, prejudicando a evolução de uma economia sustentável, com compromissos ambientais claros e alinhados aos objetivos globais de preservação e recuperação dos ecossistemas.

Portanto, é imprescindível que as partes envolvidas revejam suas decisões, considerando o impacto social, ambiental e econômico que a continuidade deste projeto pode trazer para o Cerrado, a Amazônia e para o Brasil em sua totalidade. Este é um momento crítico para demonstrar que o compromisso com o meio ambiente deve ser inabalável, mesmo diante de desafios financeiros e logísticos.



ARAGUAIA VIVO



TWRA
TROPICAL WATER RESEARCH ALLIANCE

Para mais informações sobre o programa, acesse:

www.araguaiaivivo.thetwra.org

e visite nossas redes sociais:



[linkedin.com/in/araguaia-vivo-00bb292b1](https://www.linkedin.com/in/araguaia-vivo-00bb292b1)



linktr.ee/programaaraguaiaivivo



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

APOIO FINANCEIRO:



FAPEG

Fundação de Amparo à Pesquisa
do Estado de Goiás



Uma Publicação TWRA:



TWRA
TROPICAL WATER RESEARCH ALLIANCE

Para mais informações, acesse:

www.thetwra.org

e visite nossas redes sociais:



[linkedin.com/in/twra](https://www.linkedin.com/in/twra)



linktr.ee/twra.team



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

ou entre em contato pelo e-mail:

contato.twra@gmail.com