



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
Fundação instituída nos termos da Lei nº 5.152 de 21/10/1966 – São Luís - Maranhão

PRÓ-REITORIA DE ENSINO – PROEN
DIRETORIA DE DESENVOLVIMENTO DE ENSINO DE GRADUAÇÃO – DIDEG
CENTRO DE CIÊNCIAS DE GRAJAÚ
COORDENAÇÃO DO CURSO DE CIÊNCIAS NATURAIS

PAULO HENRIQUE DE SOUSA

**O USO DO GEOPROCESSAMENTO NO MONITORAMENTO DAS ÁREAS DE
PRESERVAÇÃO PERMANENTE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO
ESTREMA NO MUNICÍPIO DE GRAJAÚ, MARANHÃO**

GRAJAÚ – MA
2024

PAULO HENRIQUE DE SOUSA

**O USO DO GEOPROCESSAMENTO NO MONITORAMENTO DAS ÁREAS DE
PRESERVAÇÃO PERMANENTE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO
ESTREMA NO MUNICÍPIO DE GRAJAÚ, MARANHÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Ciências Naturais da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Centro de Ciências de Grajaú, como pré-requisito para obtenção do título de Licenciada em Ciências Naturais/Química.

Orientador: Prof^o. Msc. Adriano Kid Azambuja

**GRAJAÚ – MA
2024**

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo (a) autor (a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Sousa, Paulo Henrique de.

O USO DO GEOPROCESSAMENTO NO MONITORAMENTO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO ESTREMA NO MUNICÍPIO DE GRAJAÚ, MARANHÃO / Paulo Henrique de Sousa. - 2024.

33 f.

Orientador(a): Adriano Kid Azambuja.

Monografia (Graduação) - Curso de Ciências Naturais - Química, Universidade Federal do Maranhão, Grajaú, 2024.

1. Amazônia Legal. 2. Código Florestal. 3. Sistemas de Informação Geográfica.

I. Azambuja, Adriano Kid. II. Título.

PAULO HENRIQUE DE SOUSA

**O USO DO GEOPROCESSAMENTO NO MONITORAMENTO DAS ÁREAS DE
PRESERVAÇÃO PERMANENTE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO
ESTREMA NO MUNICÍPIO DE GRAJAÚ, MARANHÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Ciências Naturais - Química da Universidade Federal do Maranhão - UFMA, Centro de Ciências de Grajaú, como requisito para obtenção do título de Licenciado em Ciências Naturais com Habilitação em Química.

Paulo Henrique de Sousa

Aprovado em: Grajaú - MA / / 2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Msc. Adriano Kid Azambuja (Orientador)
(Universidade Federal do Maranhão - UFMA)

Prof. Dr. Luciano Rocha da Penha
(Universidade Federal do Maranhão - UFMA)

Prof. Dr. Aluísio José Fernandes Júnior
(Universidade Federal do Maranhão - UFMA)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todas as pessoas que foram fundamentais ao longo desta jornada até a conclusão deste projeto.

À memória da minha mãe, Joselina, cujo amor, apoio e sabedoria continuam a inspirar-me mesmo após sua partida.

À minha esposa, Tâmara, por ser minha rocha, minha inspiração e meu apoio inabalável em todos os momentos.

Ao meu filho, Arthur Henrique, por ser a luz da minha vida e a minha maior motivação para buscar sempre o melhor.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Maranhão (UFMA), pela oportunidade de realizar este estudo e pelo ambiente acadêmico propício à pesquisa e ao aprendizado.

Ao meu orientador, Msc. Adriano Kid Azambuja, pela orientação dedicada, pelos valiosos insights e pela paciência ao longo deste processo. Sua orientação foi fundamental para a conclusão deste trabalho.

Aos professores Dr. Luciano Rocha da Penha e Dr. Aluísio José Fernandes Júnior pelas valiosas contribuições na qualificação desse trabalho.

Sobretudo, a Deus, cuja graça, sabedoria e orientação foram fundamentais em cada etapa desta jornada acadêmica. Sua presença constante e apoio inabalável iluminaram o caminho e fortaleceram meu espírito em todos os momentos.

Aos meus pais, Antônio Herder Pereira de Sousa e à memória da minha mãe, Joselina Rosa de Sousa, cujo amor, apoio e ensinamentos moldaram quem sou hoje. Suas orientações e exemplos continuam a guiar-me, mesmo nos momentos mais desafiadores.

À minha esposa, Tâmara Ribeiro da Costa Sousa, uma mulher sábia e virtuosa, por seu amor incondicional, seu apoio constante e por ser minha fonte de inspiração. Sem você ao meu lado, esta jornada teria sido muito mais difícil.

Ao meu filho, Arthur Henrique Ribeiro de Sousa, por ser minha motivação constante e pela alegria que você trouxe para minha vida. Que seu futuro seja repleto de realizações e felicidade.

Aos meus amigos e colegas de curso, especialmente, Gessiane França e Tiago Tenório, por compartilharem seus conhecimentos, experiências e por tornarem esta jornada acadêmica mais leve e enriquecedora.

A todas as pessoas que gentilmente contribuíram com este trabalho, especialmente, Luís Carlos Oliveira Pinheiro e Nilton Mesquita da Silva que ajudaram durante as visitas *in situ*, meu sincero agradecimento.

Por fim, agradeço a todos aqueles que acreditaram em mim e me incentivaram, mesmo nos momentos mais desafiadores desta jornada.

RESUMO

Este estudo visa avaliar as Áreas de Preservação Permanente (APPs) na Bacia Hidrográfica do Riacho da Estrema, utilizando Sistemas de Informações Geográficas (SIG) *freeware*. Para isso, é utilizado o software QGIS para criar um modelo georreferenciado da sub-bacia e da rede de drenagem dos cursos d'água, bem como orientar a coleta de informações de campo sobre o fluxo pluvial e a cobertura vegetal circundante. Os dados são obtidos a partir de imagens de satélite do *Google Earth Pro*, arquivos *shape file* do IBGE e curvas de nível do Modelo Digital de Elevação (MDE) do USGS. Os resultados revelam uma área de aproximadamente 10.786 hectares na bacia de drenagem, com grande parte destinada à agricultura. Observa-se um significativo desmatamento dentro das APPs, totalizando cerca de 41% da área prevista para preservação. A análise das imagens de satélite sugere possíveis interrupções no curso d'água, indicando um regime hídrico intermitente em alguns trechos. As visitas de campo corroboram essas observações, destacando a necessidade de medidas de regularização ambiental e revitalização de bacias hidrográficas para garantir a sustentabilidade dos ecossistemas locais.

Palavras chaves: Amazônia Legal; Código Florestal; Sistemas de Informação Geográfica.

ABSTRACT

This study aims to evaluate the Permanent Preservation Areas (APPs) in the Riacho da Estrema Hydrographic Basin, using freeware Geographic Information Systems (GIS). To this end, QGIS software is used to create a georeferenced model of the sub-basin and the watercourse diversion network, as well as guide the collection of field information on rainfall flow and the surrounding vegetation cover. The data is obtained from satellite images from Google Earth Pro, IBGE shape files and contours from the USGS Digital Elevation Model (MDE). The results reveal an area of approximately 10,786 hectares in the drainage basin, with a large part destined for agriculture. Significant deforestation is observed within APPs, totaling around 41% of the area planned for preservation. Analysis of satellite images suggests possible interruptions in the watercourse, interrupting an intermittent water regime in some sections. Field visits corroborate these observations, highlighting the need for environmental regularization measures and revitalization of river basins to ensure the sustainability of local ecosystems.

Keywords: *Legal Amazon; Forest Code; Geographic Information Systems.*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2.	OBJETIVO	13
3.	METODOLOGIAS	14
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	16
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	31
6.	REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

O geoprocessamento “é um conjunto de técnicas, métodos e ferramentas que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informação geográfica, influenciando e proporcionando análise de recursos naturais” (Ibrahin, 2014). Nos últimos anos, o desenvolvimento dos Sistemas de Informação Geográfica - SIG tem cada vez mais proporcionado amplo acesso às informações espaciais (IBGE, 2019). Hoje é possível encontrar na Internet uma infinidade de dados espaciais de maneira online e gratuita, por exemplo, imagens de satélite (Google Earth Pro, 2022), shape files do IBGE (IBGE, 2022) e dados de elevação do USGS, que podem ser analisados por meio de ferramentas *freeware*, como é o caso do *software* QGIS (QGIS, 2022). Desta forma, usuários de perfis variados podem tratar significativo volume de dados e produzir seus próprios mapas para uso pessoal, acadêmico ou profissional (IBGE, 2019).

Esse tipo de análise geoambiental pode contribuir para a compreensão do processo de mudanças do espaço e formação da paisagem. Sobre as diferenças entre espaço e paisagem, Santos (2002) afirma que:

“Paisagem e espaço não são sinônimos. A Paisagem é o conjunto de formas que, num dado momento, exprimem as heranças que representam as sucessivas relações localizadas entre o homem e a natureza. O espaço são essas formas mais a vida que as anima” (Santos, 2002).

Encarando informações georreferenciadas como uma destas formas, temos que a identificação de padrões paisagísticos a partir da análise destes dados pode gerar informações sobre os processos geográficos.

O espaço geográfico é resultado da interação entre o ambiente natural e as atividades humanas (Tricart, 1977). Essa interação é essencial para a sobrevivência, pois influencia diretamente a capacidade da sociedade em adquirir recursos e modelar seu ambiente de acordo com suas necessidades. No entanto, é imperativo reconhecer que tais intervenções podem gerar impactos ambientais negativos (G1, 2012; G1, 2022), exigindo, assim, uma compreensão profunda para o desenvolvimento de estratégias de gestão sustentável e equilibrada do meio ambiente.

Como alternativa mais sustentável, a ecoagricultura constitui uma abordagem que visa a gestão do espaço geográfico para produção de alimentos e para a conservação da biodiversidade e seus serviços ecossistêmicos. A obediência à legislação ambiental e a utilização de novas tecnologias são requisitos para que comunidades e empresas agrícolas alternem suas práticas para esta nova abordagem (Mcneely, Jeffrey & Scherr, 2009).

O embate entre desenvolvimento econômico e preservação ambiental, especialmente em áreas cultiváveis, resulta em desmatamento, desafiando a constitucional obrigação de proteger espaços territoriais definidos desde 1988 (Brasil, 1988). O Código Florestal de 2012 (Lei 12.651/2012) delimita esses espaços, destacando, por exemplo, a Área de Preservação Permanente (APP) para proteção de matas ciliares. Conforme essa lei, a Área de Preservação Permanente é uma região protegida, com ou sem vegetação nativa, destinada a preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, promovendo o fluxo gênico de fauna e flora, protegendo o solo e garantindo o bem-estar das comunidades humanas. Sendo assim, essas áreas desempenham um papel crucial na qualidade de vida da sociedade, priorizando, essencialmente, a proteção dos corpos d'água por meio da preservação de sua cobertura vegetal, o que é fundamental para a manutenção desses recursos hídricos (Brasil, 2012).

Não por acaso que na década de 70, o professor e geógrafo Aziz Ab'Sáber, já sugeria como diretriz básica para conciliação desenvolvimento e proteção dos patrimônios genéticos dos Cerrados “o congelamento total do uso do solo das faixas de matas de galeria, com vistas à preservação múltipla das faixas aluviais florestadas”. Para ele, a ampliação de áreas agropecuárias não poderia intervir nas cabeceiras de drenagem e nem nos corredores aluviais, dotados de florestas de galeria e de buritizais (Ab'Sáber, 2012).

Paradoxalmente, o rio que está secando eventualmente experimenta enchentes históricas (G1, 2022). Isto ocorre porque a cobertura vegetal é um dos fatores que controlam a morfogênese das vertentes e o tipo de carga dendrítica a ser fornecida aos rios, sendo que sua supressão pode causar um aumento na carga sedimentar que será depositada no leito do rio (Christofoletti, 1980).

Para garantir a preservação destas áreas o Código Florestal (Lei 12.651/2012) criou-se o Cadastro Ambiental Rural – CAR, que representa uma “base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico, e combate ao desmatamento”. Este cadastro constitui registro público eletrônico de âmbito nacional, obrigatório para todos os imóveis rurais, com finalidade de integrar as informações ambientais através do fornecimento de informações geográficas sobre o imóvel rural, a exemplo da localização da APP (Brasil, 2012). Seguindo o princípio da função Socioambiental da Propriedade, temos que a proteção destes espaços territoriais e o fornecimento destas informações é de responsabilidade do proprietário rural (Milaré, 2014).

Além de constituir mais uma garantia de segurança jurídica de sua propriedade, a facilitação ao obter crédito e seguro agrícolas aparece como forma de estímulo para o pequeno

proprietário que cadastra as informações de seu imóvel rural. Além disso, também figura como forma de incentivo, a possibilidade de adesão ao Programa de Regularização Ambiental - PRA, que é a regularização de áreas rurais consolidadas que ocuparam irregularmente as APP's até a data de 22 de julho de 2008 mediante uma recomposição mínima da mata ciliar (Amado, 2014).

Ademais, é mister destacar que os riscos associados aos impactos ambientais não atingem a sociedade de maneira uniforme, revelando disparidades significativas em sua intensidade e efeitos. Essas assimetrias são fortemente influenciadas, sobretudo, por fatores socioeconômicos, geográficos e culturais. Por exemplo, populações em situação de vulnerabilidade, caracterizadas por baixo poder aquisitivo, acesso limitado a recursos e informações, além de ocuparem áreas geograficamente propensas a desastres, enfrentam maior exposição e têm menor capacidade de resposta diante dos impactos ambientais. Assim, fica claro que a desigualdade socioeconômica, a localização geográfica desfavorável e a fragilidade ambiental são alguns dos fatores que contribuem para essa disparidade (Veyret, 2007).

A cidade de Grajaú, localizado a 560 km da capital São Luís, é um município no Estado do Maranhão com uma extensão territorial de 8.861,71 km² e uma população de 73.872 habitantes (IBGE, 2022). Situado na mesorregião Centro Maranhense e na Região Geográfica Imediata de Barra do Corda (IBGE, 2017), o município representa uma zona de transição entre os biomas Amazônia e Cerrado (Santos & Feitosa, 2020). A influência do desenvolvimento agropecuário e da exploração de recursos naturais, impulsionados pelas rodovias BR-226 e MA-006 nas décadas de 1970 e 1980, resultou na proliferação de empreendimentos agropecuários e madeireiros, diversificação econômica, crescimento demográfico acelerado e expansão da ocupação em propriedades de diversos tamanhos (Santos & Feitosa, 2020).

A supressão de serviços ambientais, agravada por essa ocupação desordenada, intensifica os problemas de enchentes, destacando a interconexão entre a ação humana e os desafios ambientais enfrentados pela sociedade local. Nesse contexto, especificamente na região cortada pelo Rio Grajaú, as enchentes são um problema recorrente devido ao assoreamento e às cheias durante o período de chuvas (G1, 2022). Isso afeta diretamente a qualidade de vida da comunidade, evidenciando a urgência de abordagens sustentáveis para preservar o ambiente e mitigar impactos adversos.

As alterações ocorridas na cobertura da terra do município de Grajaú ao longo das últimas décadas foram afetadas por ações desenvolvimentistas e reestruturação do espaço econômico maranhense. A identificação de padrões geoambientais tem o poder de potencializar as análises sobre intervenções antrópicas no território, o aprofundamento no tema apresenta conhecimento imprescindível para orientação de esforços, visando o planejamento e

gerenciamento de recursos naturais, bem como a recuperação de ambientes degradados ou proteção de áreas ecologicamente sensíveis do município (Santos & Feitosa, 2020).

A bacia hidrográfica do Mearim é genuinamente maranhense, abrangendo os biomas Amazônico e Cerrado, tendo uma ampla composição de ecossistemas e constituindo ocupação predominante dos Povos Indígenas no estado do Maranhão. Os rios Grajaú e Grajauzinho formam um dos mais importantes afluentes da bacia do rio Mearim: o rio Grajaú. Suas nascentes estão situadas, respectivamente, nos municípios de Sítio Novo e São Pedro dos Crentes, apresentando-se degradadas pela ação de queimadas e desmatamento. A nascente do Rio Grajaú constitui uma das mais impactadas de toda a bacia do rio Mearim, cuja situação, caso não seja revertida, pode levar o rio a uma situação de intermitência (Porto, Motta & Souza, 2019). O Riacho da Estrema, objeto de análise desse estudo, integra a bacia de drenagem do Rio Grajaú e deságua diretamente neste último cerca de 2 km antes da cidade de Grajaú, correndo paralelamente às margens da BR-226.

O presente trabalho está estruturado, basicamente, em cinco seções. Nessa seção, é apresentado o contexto geral do estudo, destacando a relevância das Áreas de Preservação Permanente (APPs) para a conservação dos recursos hídricos e da biodiversidade na região. A segunda seção define o objetivo geral do estudo: a avaliação das APPs da bacia do Riacho da Estrema, utilizando Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Na terceira seção, são detalhadas as metodologias empregadas, como o uso do software QGIS para criar modelos georreferenciados e a coleta de dados de diversas fontes, como imagens de satélite e shape files do IBGE. A quarta seção, apresenta os resultados obtidos, como a área total da bacia de drenagem e o percentual de desmatamento nas APPs, discutindo suas implicações para a conservação ambiental na região. Por fim, na quinta seção, são apresentadas as conclusões do estudo, ressaltando a importância da preservação das APPs da Bacia Hidrográfica do Riacho da Estrema e propondo medidas para garantir a sustentabilidade dos ecossistemas locais, seguidas das referências.

2. OBJETIVO

Avaliar as Áreas de Preservação Permanente na sub-bacia Hidrográfica do Riacho da Estrema no município de Grajaú - MA, através do uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) *freeware*, tanto para realizar a construção de modelo georreferenciado da sub-bacia e da rede de drenagem dos cursos d'água, possibilitando o dimensionamento destes espaços territoriais especialmente protegidos legalmente definidos, quanto para orientar a coleta de informações no campo sobre o fluxo fluvial e a cobertura vegetal circundante.

3. METODOLOGIAS

Como *software* SIG para criação do projeto de representação da Bacia Hidrográfica do Riacho da Estrema, foi utilizado o QGIS Versão 3.16.3-Buenos Aires, em plataforma *freeware* disponível gratuitamente na internet no site <http://QGIS.org> (QGIS, 2022). Este *software* foi utilizado como ferramenta para produção dos mapas e realização dos cálculos de medidas de comprimento e área, a partir de imagens e dados vetoriais de fontes diversas.

Foram utilizadas imagens Airbus datadas de 6/10/2022 disponibilizadas pelo Google Earth Pro 7.3.6.9345 (64-bit) em acessos efetuados em janeiro de 2024, esse *software* também é *freeware* estando disponível gratuitamente na internet no site: <http://google.com.br/earth> (Google Earth Pro, 2022). Também foram utilizados arquivos *shape file* do IBGE representando a rede de drenagem nacional e os limites do município de Grajaú (IBGE, 2022). Curvas de nível (20 metros) foram construídas baseadas em Modelo Digital de Elevação (MDE) proveniente do órgão de pesquisa geológica dos Estados Unidos (USGS - *United States Geological Survey*) disponível gratuitamente na internet no site <https://earthexplorer.usgs.gov>.

Uma vez identificado o Riacho da Estrema na representação hidrográfica do IBGE, foi possível identificar a linha cumeada (divisor de águas) a partir da análise das curvas de nível, definindo os limites desta sub-bacia hidrográfica. Dentro desta área, foi construída nova representação da rede de drenagem, utilizando os vetores do IBGE para indicar de modo impreciso o curso d'água principal, as curvas de nível para identificar os vales e possíveis tributários, e as imagens Airbus para identificar o curso d'água de modo mais preciso através da visualização da lâmina d'água e da vegetação associada.

A partir desta nova representação vetorizada da rede de drenagem, através do QGIS, foi produzido polígono representando o percurso do rio no mapa com uma largura padronizada de 5 metros, que permitiu o cálculo da área desta representação do curso d'água. Uma vez identificados os cursos d'água que correspondem à rede de drenagem do Riacho da Estrema, também foi produzido polígono representando duas faixas de 30 metros de APP a partir de suas margens. Através desta mesma plataforma SIG foram calculadas as áreas do curso d'água e da APP.

Através da plataforma SIG adotada, também foi possível produzir polígonos representando as áreas desmatadas dentro da sub-bacia do Riacho da Estrema, ou com uma vegetação rasteira, separando-as de áreas com vegetação, sejam nativas ou secundárias em

diferentes estágios de regeneração. A operação de interseção destas áreas desmatadas com as Áreas de Preservação Permanente resultou na área total de APP suprimidas. Espelhos d'água situados dentro das faixas de APP, provavelmente originados por represamento do curso d'água, foram identificados pelo contorno de suas margens e suas áreas também foram calculadas através do QGIS.

O Riacho da Estrema corre paralelamente à BR-226, estrada federal que corta a cidade de Grajaú, atravessando esta via em 4 (quatro) pontos. Sua proximidade com a cidade e a possibilidade de, através desta via federal, percorrer toda extensão de 26 km de seu curso d'água principal, utilizando estradas vicinais para acesso ao curso d'água em diferentes trechos do riacho para além desses 4 pontos de contato existentes na BR, facilitaram a vistoria *in situ* para confirmação de informações coletadas remotamente. Neste contexto, foram realizadas visitas em 11 pontos no dia 01/02/2024 do Riacho da Estrema (Tabela 1). A escolha dos pontos visitados foi efetuada a partir da análise do projeto criado de forma orientar a chegada naqueles que tivessem o acesso mais fácil e que possibilitassem mais informações a respeito do fluxo d'água e da vegetação circundante. Em cada ponto, foi efetuado o registro fotográfico do curso d'água e da vegetação circundante, sendo registrada sua coordenada geográfica utilizando aparelho GPS modelo GPSMAP 64 da marca Garmin Ltd.

Tabela 1. Pontos visitados no Riacho da Estrema (Coordenadas geográficas em UTM localizadas na zona 23 Sul e utilizando o sistema de referência de coordenadas SIRGAS 2000).

Nº	Descrição	Percurso desde a nascente	Coordenadas Geográficas UTM	Coordenadas Geográficas Graus, minutos e segundos (Graus Decimais)
1	Nascente desmatada	639,90 m	X: 354663,76557517336914316 Y: 9347247,662458386272192	5°54'14.0"S 46°18'46.5"W (-5.903896, -46.312905)
2	Entrada do tributário pela BR	6.801 m	X: 359532,18856414023321122 Y: 9349290,17696418240666389	5°53'07.9"S 46°16'08.0"W (-5.885525, -46.268891)
3	Primeira passagem pela BR	7.829 m	X: 360367,94289833126822487 Y: 9349707,87606950476765633	5°52'54.4"S 46°15'40.8"W (-5.881765, -46.261334)
4	Segunda passagem pela BR	8.455 m	X: 360775,58749699656618759 Y: 9349913,44259211607277393	5°52'47.7"S 46°15'27.5"W (-5.879914, -46.257648)
5	Passagem por estrada vicinal	10.133 m	X: 361505,63201595726422966 Y: 9351275,77649496868252754	5°52'03.4"S 46°15'03.7"W (-5.867607, -46.251027)
6	Açude profundo antes de estrada vicinal	10.773 m	X: 361809,80057090043555945 Y: 9351831,01073357276618481	5°51'45.3"S 46°14'53.8"W (-5.862592, -46.248269)
7	Terceira passagem pela BR	15.496 m	X: 365102,88040546787669882 Y: 9354087,53355906158685684	5°50'32.1"S 46°13'06.5"W (-5.842249, -46.218483)
8	Pequena ponte em propriedade no Baixão	19.403 m	X: 368562,66238742269342765 Y: 9353809,62585055641829967	5°50'41.4"S 46°11'14.1"W (-5.844829, -46.187242)
9	Passagem por estrada vicinal para o Baixão	20.114 m	X: 369228,63424014538759366 Y: 9353832,87168579176068306	5°50'40.7"S 46°10'52.4"W (-5.844631, -46.181227)
10	Passagem por estrada vicinal	22.563 m	X: 371387,77779307682067156 Y: 9353459,23220584914088249	5°50'53.0"S 46°09'42.2"W (-5.848051, -46.161734)
11	Passagem por estrada vicinal	24.241 m	X: 372648,86435399559559301 Y: 9353489,14255806244909763	5°50'52.1"S 46°09'01.2"W (-5.847805, -46.150343)

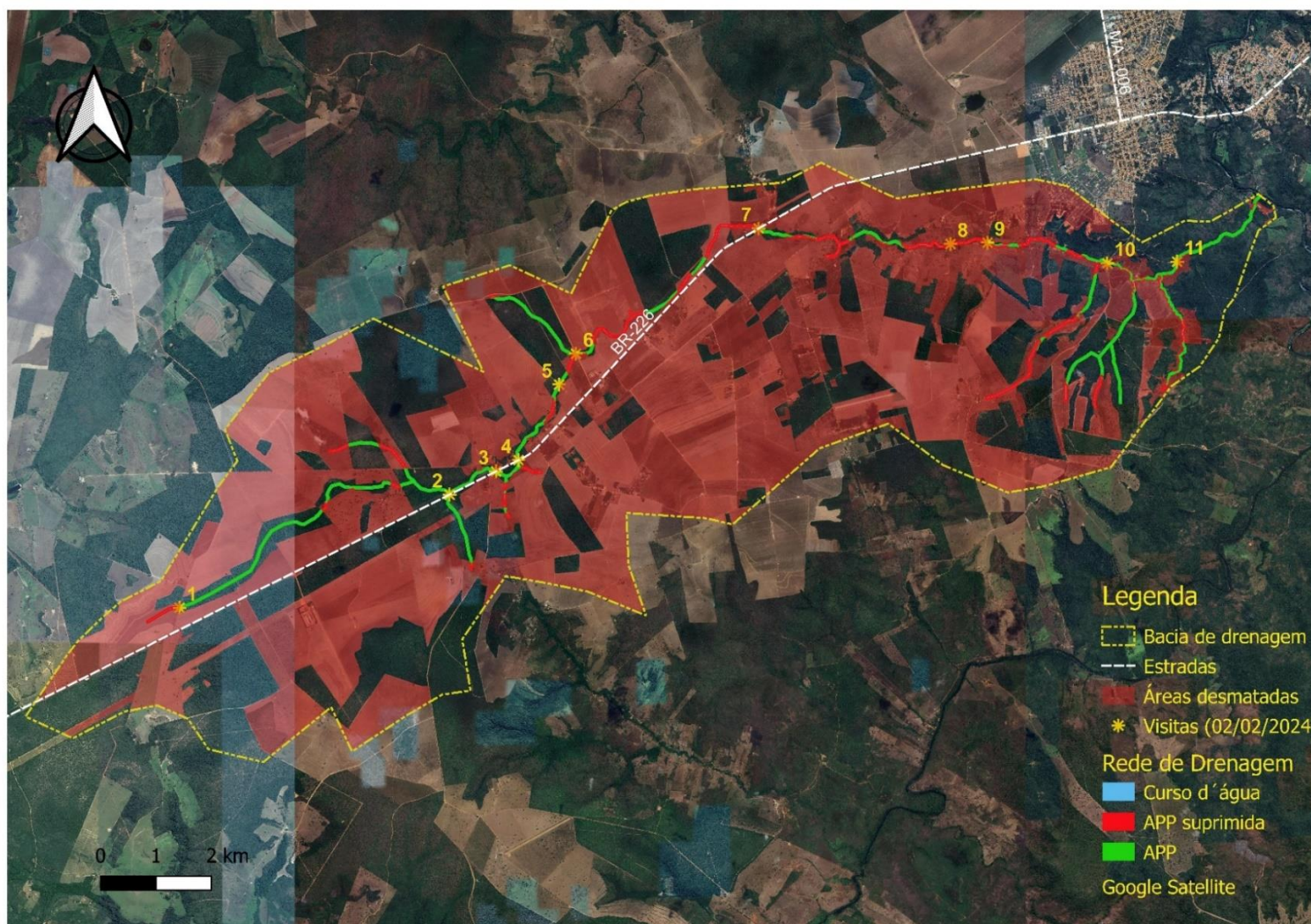
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No Mapa 1 temos a representação da sub-bacia hidrográfica do Riacho da Estrema construída em projeto SIG a partir de imagens Airbus, curvas de nível e da rede fluvial disponibilizada pelo IBGE, onde é possível identificar o curso d'água de forma mais precisa, criando-se manualmente um *shape file* maior e mais ramificado do que a informação fornecida pelo IBGE. Neste modelo de sub-bacia criado, o curso principal do riacho apresenta 26.405 metros, ou seja, 11% mais extenso (2.822 metros) do que os 23.583 metros do curso d'água indicados pela representação disponibilizada pelo IBGE. Incluindo 18.024 metros de cursos d'água tributários do Riacho da Estrema, a rede de drenagem criada apresenta extensão total de 44.429 metros, ou seja, cerca 88,4% maior do que a informação oficial do IBGE.

Nesta representação, a área da sub-bacia de drenagem do Riacho da Estrema corresponde à 10.786 hectares, ou seja, cerca de 1,2% da área do município de Grajaú. Situada próxima à sede do município, uma pequena porção da bacia de drenagem chega a alcançar o Loteamento Frei Alberto Beretta, bairro onde fica localizado o Campus de Grajaú da Universidade Federal do Maranhão.

A bacia de drenagem recebe a chuva e direciona o fluxo pluvial através de suas vertentes formando o curso d'água nos seus vales. De acordo com Christofolletti (1980), “todos os acontecimentos que ocorrem na bacia de drenagem repercutem, direta ou indiretamente, no curso dos rios”. Um exemplo são enchentes causadas pelo assoreamento de rios devido ao aumento na carga sedimentar depositada no leito do rio em consequência da supressão da vegetação que recobre suas vertentes.

Dentro da sub-bacia do Riacho da Estrema, os polígonos vetoriais identificando as áreas desmatadas, ou seja, com vegetação rasteira e outros usos do solo, totalizam 7061 hectares (Mapa 1). Assim sendo, podemos dizer que 65% do espaço territorial da sub-bacia de drenagem do Riacho da Estrema é constituído por áreas agricultáveis atualmente em uso. Os 35% restantes, ou seja, 3725 hectares, são constituídos por vegetação florestal, desde florestas nativas passando por várias formas de vegetação secundária em diferentes estágios de regeneração. Podemos dizer o uso do solo se encontra no limite já que na região de Cerrado, dentro da Amazônia Legal, o Código Florestal (Lei 12.651/2012) determina 35% das propriedades rurais deve ser constituído de Reserva Legal.



Mapa 1. Representação da Sub-bacia Hidrográfica do Riacho da Estrema.

Entretanto, segundo o mesmo Código Florestal (Lei 12.651/2012), a Reserva Legal constitui apenas um dos espaços especialmente protegidos por lei nas propriedades rurais, sendo que outro destes espaços são as Áreas de Preservação Permanente. Existe a hipótese de se considerar APP's como parte da Reserva Legal, mas tal situação deve ser constatada caso a caso, em cada propriedade. Para esta análise, uma possível fonte de informações será o Cadastro Ambiental Rural, com indicações georreferenciadas destes espaços especialmente protegidos fornecidas pelos próprios proprietários rurais. O cadastro constitui ferramenta para auxiliar planejamento, ocupação e uso de espaços territoriais, sendo que somente através da consolidação deste grande pacto socioambiental podemos garantir que os 35% de vegetação florestal existentes na sub-bacia da Estrema sejam protegidos na forma de Reserva Legal.

Por outro lado, a delimitação de APP's obedece a critérios legais objetivos que visam a preservação dos recursos hídricos, dentre outros serviços ambientais, de modo que nem toda vegetação protegida sob a forma de Reserva Legal pode ser considerada Área de Preservação Permanente. A paisagem natural de ambientes fluviais é caracterizada pela relação positiva entre a cobertura vegetal e a existência de corpos d'água, sendo que essa vegetação mantida pelos corpos d'água e, ao mesmo tempo protegida por eles, é denominada mata ciliar (Primack & Rodrigues, 2002). Isto ocorre devido a cobertura vegetal florestal formar uma camada superficial do solo composta por detritos recém caídos, como folhas e galhos, e por materiais parcialmente decompostos, denominada serrapilheira. Esta serrapilheira aumenta a velocidade de infiltração e armazenamento de água no solo protegendo os corpos d'água através de um recarregamento subterrâneo lento e gradual (Guerra & Cunha, 2009).

Desta forma, uma vez que o desmatamento na bacia de drenagem também repercute no curso do d'água causando a perda de recursos hídricos (Christofolletti, 1980), o Código Florestal (Lei 12.651/2012) estabelece a localização de Áreas de Preservação Permanente (APP) que visam proteger corpos d'água localizados em imóveis rurais através da exigência da preservação de sua cobertura vegetal (Brasil, 2012).

Dentre as categorias previstas para a definição de APP, a mais significativa em área protegida é aquela que determina a preservação das faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente. Segundo estudo de mapeamento das Áreas de Preservação Permanente do estado do Espírito Santo, 22,43% de sua área é constituída de APP's, sendo que cerca da metade (10,42%), estão distribuídas ao longo da faixa marginal dos cursos d'água. Os autores encontraram outras categorias no entorno de lagos e lagoas naturais (0,67%); no entorno

dos reservatórios d'água artificiais (0,02%); no entorno das nascentes (0,89%); em encostas com declividades superiores a 45° (0,24%); em restingas (1,92%); em manguezais (0,19%); em topo de morros (8,98%); e em altitudes superiores a 1.800 metros (0,19%) da área (Eugenio *et al.*, 2017). Diferentemente da Serra do Mar, o município de Grajaú não apresenta morros de modo que podemos considerar que as APP's são compostas majoritariamente por aquelas distribuídas ao longo da faixa marginal dos cursos d'água.

Considerando a largura do curso d'água como 5 metros em toda sua extensão, de forma a simplificar as análises dada a impossibilidade de determinar a variação de largura em toda a rede de drenagem, temos segundo o Código Florestal (Lei 12.651/2012), a exigência da preservação de faixa de 30 metros de cobertura vegetal em cada margem do Riacho da Estrema. Alargamentos existentes no curso d'água foram desconsiderados devido às dificuldades de se definir se são naturais ou artificiais, gerando a dúvida sobre qual seria a definição do tamanho da APP, uma vez que, as APP's no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de represamento de cursos d'água naturais, deverão ser definidas na licença ambiental do empreendimento (Milaré, 2014). Desta forma, no modelo criado, as Áreas de Preservação Permanente (Mapa 1) de toda a rede de drenagem ocupam apenas 2,5% da sub-bacia, ou seja, cerca de 270 hectares. Se consideramos apenas o curso principal do Riacho da Estrema essa proporção cai para 1,4% da sub-bacia, ou seja, 158 hectares.

Quando identificamos as áreas desmatadas que se situam dentro das Áreas de Preservação Permanente, obtemos as APP suprimidas. Tanto quando consideramos as APP's suprimidas de toda a rede de drenagem (113 hectares) ou quando consideramos apenas aquelas relativas ao curso principal do Riacho da Estrema (65 hectares), identificamos cerca de 41% das Áreas de Preservação Permanente ilegalmente suprimidas (Mapa 1). Analisando as imagens Airbus destas áreas, em muitos trechos o curso principal do riacho está seco, especialmente trechos situados no segmento contido entre os pontos visitados 4 e 7, segmento este que apresenta 61% de supressão das APP's. Esta informação contrasta com a informação disponibilizada pelo IBGE que classifica seu regime como permanente e corrobora a relação negativa do nível da água com ausência de cobertura vegetal na medida que comprova seu regime intermitente.

A visitas de campo (Tabela 1) nos pontos 1, 2, 3 e 4 constataram a presença de água no curso do riacho. Muito embora a nascente do riacho esteja totalmente desmatada segundo as imagens Airbus, a visita no ponto 1 (Figura 1) demonstrou a existência de água com vegetação

arbustiva esparsa ao redor (Figura 2.A), inclusive com a presença de jacarés (Figura 2.B). Entretanto não havia fluxo de água atravessando a estrada vicinal por ausência de ponte ou manilha para passagem da água alimentando o fluxo fluvial do outro lado.



Figura 1. Veículo branco estacionado no local onde foram coletadas as coordenadas do Ponto 1, sendo que o início da APP preservada está localizada à direita da posição do motorista do veículo enquanto à sua esquerda se encontra reservatório com água no trecho desmatado da nascente.



A.



B.

Figura 2. **A.** Fotografia da nascente do Riacho da Estrema feita à esquerda da posição do motorista na Figura 1. **B.** Jacarés encontrados no corpo d'água

Nos pontos visitados de números 2, 3 e 4 foram constatadas a existência de galerias para passagem da água embaixo da via, com existência de água corrente proveniente de um tributário do Riacho da Estrema no ponto 2 (Figura 3.A), e no curso principal do riacho nos pontos 3 (Figura 3.B) e 4 (Figura 3.C). A presença de galeria no ponto 2 e a constatação da

passagem de água do tributário para o Riacho da Estrema demonstram a existência de afluentes ativos que não estão incluídos nos dados do IBGE. Estes três pontos visitados, juntamente com o número 7 (sete), representam as quatro visitas realizadas diretamente na BR-226.



Figura 3. Galerias com passagem de água situadas abaixo da BR-226 nos pontos 2 (A), 3 (B) e 4 (C).

No caso destas quatro intervenções na APP para construção da via federal, o Código Florestal (Lei 12.651/2012) abre essa possibilidade através do artigo 8º, que determina que “a intervenção ou a supressão de vegetação nativa em Área de Preservação Permanente somente ocorrerá nas hipóteses de utilidade pública, de interesse social ou de baixo impacto ambiental”. Neste sentido, o poder executivo regulamentou este dispositivo de lei através da resolução CONAMA nº 369 de 28/03/2006 que “dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente – APP” (Brasil, 2006). Neste caso do Riacho da Estrema, o bem-estar coletivo gerado pela construção da via de acesso e a pequena extensão do dano ambiental justificam tal perfeitamente medida, desde que os impactos ambientais sejam minimizados, como por exemplo através da devida construção de galerias de passagem d’água.

Neste trabalho, a análise do trecho de 8,4 km que vai da nascente até o ponto 4 mostra que 87% das APP’s possuem uma cobertura vegetal arbórea que caracterizamos como APP preservada. A área de proteção suprimida neste trecho é representada principalmente pelo trecho na nascente situado antes do ponto 1 (Figuras 1 e 2), sendo importante apontar que a informação disponibilizada pelo IBGE diverge indicando o início do curso d’água depois deste ponto. Neste caso, considerando a rede hidrográfica do IBGE, o trecho inicial do Riacho da

Estrema estaria com mais de 90% de suas APP's preservadas, e talvez essa indicação tenha orientado os proprietários na definição destas áreas protegidas e na utilização dos espaços agricultáveis de forma mais sustentável. Os dados coletados durante as visitas aos pontos 1, 2, 3 e 4 (Figura 4) demonstram, no percurso inicial do riacho, a relação positiva entre a cobertura vegetal e a presença de água corrente.



Figura 4. Paisagem do Riacho da Estrema no ponto 4 antes da passagem na galeria.

Entretanto, diferentemente das primeiras visitas, no ponto 7 não foi constatada a presença de galeria de passagem muito embora a densa vegetação pudesse esconder uma passagem menor como uma manilha de concreto (Figura 5). Seguramente não havia água nas margens laterais da via federal neste ponto, demonstrando que na melhor das hipóteses o Riacho da Extrema não corre o ano todo, apresentando regime hídrico intermitente. Essa informação também se contrapõe com a informação contida no IBGE que classifica o regime deste curso d'água como permanente e representa um retrocesso ambiental de áreas protegidas pela legislação ambiental. Ainda mais grave do que o simples desrespeito à lei são as consequências desta ilegalidade, que acabam por afetar a disponibilidade dos recursos hídricos, prejudicando toda a coletividade pela falta d'água.

Visando dar segurança jurídica a muitos proprietários rurais que ocuparam APP's de maneira irregular até 22 de julho de 2008, o Código Florestal (Lei 12.651/2012) estabelece a possibilidade de consolidação de áreas rurais anteriores a 2008. Entretanto esta regularização ambiental condiciona ao Cadastro Ambiental Rural com objetivo de controle do território e a uma recomposição mínima da APP com o objetivo de reconstituição dos recursos hídricos. Neste sentido, projetos de revitalização de bacias hidrográficas têm sido atendidos no âmbito do Programa Semeando Águas do Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. É o caso do Plano Nascente Mearim proposto pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba - CODEVASF que tem como objetivo a preservação e recuperação de nascentes do rio Mearim (Porto, Motta & Souza, 2019).



Figura 5. Estrada vicinal passando pelo vale seco do Riacho da Extrema, apresentando a BR-226 na altura do ponto 7 correndo paralelamente à sua esquerda com densa vegetação cobrindo o barranco e, à direita, plantação de soja com início da Área de Preservação Permanente ao fundo.

Importante ressaltar que a visita ocorreu após o início da estação chuvosa e ausência total de água neste período sugere mais fortemente uma segunda hipótese na qual o primeiro trecho com cerca de 15 km da nascente até o ponto 7 do Riacho da Estrema esteja separado permanentemente do restante da bacia de drenagem. Neste sentido, corroboram esta hipótese de descontinuidade do riacho as informações coletadas nos pontos 5 e 6 em estradas vicinais. No ponto 5, apesar de existir água no lado da estrada vicinal voltado para a montante, esta não alcança a manilha de passagem água na estrada vicinal (Figura 6) deixando o lado em direção à jusante totalmente seco.



Figura 6. Leito seco do Riacho da Estrema com veículo estacionado na estrada vicinal acima da manilha de passagem de água, no local onde foram coletadas as coordenadas do Ponto 5.

No ponto 6 a situação é ainda mais crítica, visto que existe um açude vazio com área de 0,47 ha e profundidade de cerca de 10 metros no centro. A presença de uma manilha de altura próxima ao nível da via vicinal impede a passagem de água antes que se encha o açude dificultando a fluxo de água em direção à jusante (Figura 7).



Figura 7. Açude construído no leito do Riacho da Estrema com veículo parado na estrada vicinal logo pouco antes da manilha de passagem de água, no local onde foram coletadas as coordenadas do Ponto 6.

O percurso do riacho neste ponto 6 até o ponto 7, situado na BR-226 é de 4,7 km, onde as Áreas de Preservação Permanente suprimidas chegam alcançar 21 hectares, ou seja, 75% da APP prevista para este trecho. As imagens Airbus demonstram ausência de água nestes trechos desmatados, informação confirmada em observações a partir da BR-226 (Figura 8) durante o percurso entre os pontos de visita.



Figura 8. Leito vazio do Riacho da Estrema saindo da APP e seguindo pelo vale tomado pela cultura de soja.

Nesta segunda hipótese, a galeria não encontrada sob via federal no ponto 7 estaria tomada pela vegetação e possivelmente sem uso, ou talvez nunca tenha existido, contrariando medidas básicas de mitigação dos impactos de construção da via. Neste caso, a iniciativa de reconstituição dos recursos hídricos através da recomposição da APP também deve levar em consideração a restituição do caminho natural da água nos pontos 6 e 7, ou seja, no açude adjacente à via vicinal e na interrupção pela BR-226, obra do Poder Público.

As imagens Airbus também mostram um grande número escavações formando depressões no solo como o açude vazio encontrado no ponto 6 (Figura 7). Segundo o Código Florestal (Lei 12.651/2012) a intervenção no curso d'água natural demanda licenciamento ambiental, visto que constitui atividade que utiliza recursos naturais com potenciais riscos de degradação ambiental. Entendemos que a concessão destas licenças não pode interferir no fluxo d'água de forma impactante e deve levar em consideração todo contexto de demandas da sub-bacia do Riacho da Estrema possibilitando seu uso sustentável não alterando o regime hídrico.

Além deste açude também foram identificados, ocupando total ou parcialmente as APP's, 70 corpos d'água na forma de açudes, barragens ou tanques de piscicultura. Estes corpos d'água apresentavam áreas que variaram entre 0,1 a 1,87 hectares, sendo que 2 deles são maiores que 1 hectare, mas consideramos uma subestimação visto que a maioria destes corpos não estavam cheios de água devido a data da imagem ser de outubro, período seco na região. A área total destes espelhos d'água formados pela intervenção humana apresenta cerca de 9 hectares, ou seja, 40% da área ocupada pela água no leito do rio (22 hectares), padronizado neste estudo em 5 metros de largura. De grosso modo, podemos afirmar quase a metade da água captada na bacia e acumulada nos vales do Riacho da Estrema é desviada e/ou represada nestes corpos d'água. Assim, consideramos que aumentam as formas de retirada de água do sistema, seja pelos múltiplos usos dos recursos hídricos efetuados pelos responsáveis por estas intervenções ou mesmo pela simples evaporação.

Apenas sete espelhos d'água (10%) foram identificados antes do ponto 7, ou seja, em direção à montante, constituindo de açudes ou de represamentos, sendo que até este ponto do curso do riacho a bacia de drenagem é ocupada predominantemente por agricultura extensiva, como a soja, com edificações encontradas de forma esparsa. Após a interrupção da BR-226, em direção à jusante, o cenário se modifica, são 60 espelhos d'água e a maioria apresenta forma retangular, caracterizando tanques de piscicultura.

O trecho de 7,6 km situado entre os pontos visitados 7 e 10 apresentou cerca de 27 hectares de APP suprimidas, ou seja, 64% das áreas que deveriam estar protegidas neste trecho. O “Baixão” está localizado nesta área, e é caracterizado pela maior proximidade entre as residências, que se distribuem a longo do trajeto do riacho ocupando Área de Preservação Permanente de forma irregular conforme atestado na visita ao ponto 8 (Figura 9). A região é caracterizada por pequenas propriedades rurais que exploram atividades diversas como a agricultura familiar, a piscicultura e criação de outros animais, existindo inclusive um parque aquático turístico.



Figura 9. Tanque no trecho do Riacho da Estrema situado no ponto 8, com residência em APP.

Do ponto de vista da ecologia, o represamento das águas do rio em vários pontos muda o caminho natural da água que acaba por alterar a dinâmica fluvial afetando negativamente espécies nativas pela mudança de habitat. Além disso, espécies exóticas que eventualmente escapem dos tanques de piscicultura tem grande potencial de se tornar espécies invasoras que através da competição deslocarão as espécies nativas (Primack & Rodrigues, 2002). Neste sentido vem o diálogo com morador do “Baixão”, proprietário de tanque de piscicultura situado no ponto 8 visitado, relatando a fuga de peixes destes tanques durante a grande enchente do ano de 2020.

Nas visitas aos pontos 9 (Figura 10.A) e 10 (Figura 10.B) foi constatada a passagem de água por manilha instalada na via vicinal. No ponto 11, constatamos a passagem da estrada vicinal diretamente no leito do riacho (Figura 11). A partir do ponto 11, no trecho de 2,1 km até a desembocadura no Rio Grajaú, a APP está praticamente toda conservada, com exceção dos últimos 200 metros perto da foz, onde existe uma propriedade nas margens do Rio Grajaú com tanques de piscicultura. Nestes três últimos pontos, percebemos uma recuperação do curso d'água com fluxo contínuo de água seguindo até a foz.



Figura 10. Manilhas de passagem d'água sob estrada vicinal nos pontos 9 e 10.



Figura 11. Veículo atravessando leito do Riacho da Estrema no ponto 11.

Em quaisquer das hipóteses, a contribuição da sub-bacia de drenagem do Riacho da Estrema para o Rio Grajaú pode ser considerada em estado de declínio visto que o regime de seu curso d'água era considerado permanente por fontes oficiais (IBGE, 2022), estando em nítido contraste com seu atual regime intermitente. As visitas em campo também demonstram a influência negativa da supressão vegetal e o nível da água no curso d'água na medida de que os trechos que apresentam maior parte das APP's suprimidas são os que apresentam o leito seco (Figura 12).



Figura 12. Paisagem do Riacho da Estrema no ponto 4.

Neste estudo, de grosso modo, podemos dividir através da interrupção situada na BR-226 duas comunidades na sub-bacia do Riacho da Estrema (ponto 7), os grandes proprietários rurais situados no trecho voltado à montante da interrupção do curso principal e os pequenos proprietários situados no trecho voltado à jusante. Independentemente da categoria de proprietários rurais, se grandes ou pequenos, o que se percebe é que alguns tem práticas mais sustentáveis do que outros uma vez que foram encontrados trechos que apresentaram APP's preservadas, bem como trechos desmatados, em ambos os lados, ou seja, montante e jusante.

Entretanto, a comunidade formada por grandes proprietários usufrui da água e das áreas cultivadas em Áreas de Preservação Permanente de forma mais agressiva uma vez que

devido ao uso que se faz do solo este trecho da rede de drenagem acaba por não contribuir com a drenagem que chega à foz, no rio Grajaú. No outro lado, os impactos ambientais são sentidos mais fortemente pela comunidade de pequenos proprietários da jusante que são mais vulneráveis à escassez do riacho durante o período de estiagem e às enchentes durante os meses de chuva. E a continuidade dos efeitos negativos se propagam aos habitantes ribeirinhos do rio Grajaú na medida de que esse modo de ocupação do solo de Áreas de Preservação Permanente se repete em outros tributários da bacia hidrográfica do rio Grajaú.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos revelam que a área da bacia de drenagem do Riacho da Estrema corresponde a cerca de 1,2% da área do município de Grajaú. Verifica-se que aproximadamente 65% do espaço territorial da sub-bacia é ocupado por áreas agricultáveis, o que representa um desafio para a preservação das APPs, conforme estabelecido pelo Código Florestal (Lei 12.651/2012).

A análise das áreas desmatadas dentro da sub-bacia indica que cerca de 41% das APPs foram ilegalmente suprimidas. Além disso, a presença de corpos d'água artificiais, como açudes e tanques de piscicultura, contribui para a diminuição do fluxo hídrico natural, afetando negativamente o ecossistema local.

As visitas de campo realizadas confirmam a importância da integração entre os dados obtidos remotamente e a observação direta do ambiente. A constatação da presença de água em alguns pontos, mesmo após o desmatamento, ressalta a necessidade de medidas de conservação e recuperação das áreas degradadas.

Diante desses resultados, é fundamental adotar medidas para a regularização ambiental das áreas ocupadas irregularmente, promover a recomposição das APPs e incentivar práticas sustentáveis de manejo dos recursos naturais. Além disso, é necessário fortalecer a fiscalização e o cumprimento da legislação ambiental para garantir a proteção dos ecossistemas e a disponibilidade de recursos hídricos para as gerações futuras.

6. REFERÊNCIAS

- AB´SÁBER, Aziz. **Os domínios de Natureza no Brasil: Potencialidades Paisagísticas**. 7ª edição – São Paulo: Ateliê editorial, 2012.
- AMADO, Frederico Augusto di Trindade. **Direito Ambiental Esquemático**. 5ª edição – Rio de Janeiro: Forense, 2014.
- BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Presidência da República, 1988.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção de vegetação nativa e dá outras providências**. Brasília: Congresso Nacional, 2012.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 369, de 28 de março de 2006. **Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente - APP**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 29 mar. 2006. Seção 1, p. 145-147.
- CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia**. 2ª edição – São Paulo: Blucher, 1980.
- EUGENIO, F. C., SANTOS, A. R. dos, FIEDLER, N. C., RIBEIRO, G. A., SILVA, A. G. da, SOARES, V. P., & GLERIANI, J. M. (2017). **Mapeamento das Áreas De Preservação Permanente do Estado do Espírito Santo, Brasil**. *Ciência Florestal*, 27 (3), 897–906, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.5902/1980509828639>>
- GOOGLE EARTH PRO. Version 7.3.6.9345 (64-bit). Google LLC, 2022. Disponível em: <<http://google.com.br/earth>>. Acesso em: 11/01/2023.
- GUERRA, Antonio José Teixeira & CUNHA, Sandra Baptista (organização). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 9ª edição – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.
- IBRAHIM, Francini Imene Dias. **Introdução ao Geoprocessamento Ambiental**. 1ª edição - São Paulo: Editora Érica /Saraiva, 2014.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Divisão regional do Brasil em regiões geográficas imediatas e regiões geográficas intermediárias**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Acesso e uso de dados geoespaciais**. Rio de Janeiro: IBGE - Coordenação de Cartografia, 2019. (Manuais técnicos em geociências, n.14).
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. (Base de dados em planilhas e em formato shapefile)
- MARANHÃO LIDERA RANKING DE FOCOS DE QUEIMADA NO PAÍS. G1 [online], Maranhão, 13 ago. 2012. Maranhão. Disponível em: <<https://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2012/08/maranhao-lidera-ranking-de-focos-de-queimada-no-pais.html>>
- MCNEELY, JEFFREY A. & SCHERR, Sara J. **Ecoagricultura: Alimentação do mundo e biodiversidade**. São Paulo: Editora SENAC, 2009.

- MILARÉ, Édis. **Direito do Ambiente**. 9ª edição - São Paulo: Ed. Revista dos Tribunais, 2014.
- PORTO, Leila Lopes da Mota Alves; MOTTA, Eduardo Jorge de Oliveira & SOUZA, Camilo Cavalcante de (Organizadores). **Plano Nascente Mearim: plano de preservação e recuperação de nascentes da bacia hidrográfica do rio Mearim**. Brasília: Codevasf, 2019.
- PRIMACK, Richard B. & RODRIGUES, Efraim. **Biologia da Conservação**. Londrina 328 p, 2002.
- QGIS. **A Free and Open Source Geographic Information System**. Version 3.16.3-Buenos Aires. QGIS Development Team, 2022. Disponível em: < <http://QGIS.org> >. Acesso em: 14/09/2022.
- RIO GRAJAÚ TRANSBORDA E DEIXA FAMÍLIAS DESABRIGADAS NO MARANHÃO. G1 [online], Maranhão, 03 jan. 2022. Maranhão. Disponível em: <<https://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2022/01/03/rio-grajau-transborda-e-deixa-familias-desabrigadas-no-maranhao.ghtml>> Acesso em: 19/02/2023.
- SANTOS, E. C. dos & FEITOSA, A. C. **Análise geoambiental e percepção de unidades de paisagem no município de Grajaú-Maranhão**. InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade, v. 6, e202008, 2020. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.18764/2446-6549.e202008>>. Acesso em: 04 set. 2023.
- SANTOS, Milton. **A Natureza do Espaço. Técnica e Tempo. Razão e Emoção. A Economia da Natureza**. 4ª edição – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2002.
- TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, IBGE, 1977.
- VEYRET, Yvette. **Os Riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. 1ª edição - São Paulo: Contexto, 2007.