



## Dinâmica geoambiental e qualidade da água na bacia do baixo Paranaíta, Amazônia Mato-grossense

Marcus Henrique Martins e Silva<sup>1</sup>, Fernando Luiz Silva<sup>2</sup>, Marco Antônio Vieira Morais<sup>3</sup>, Carla da Silva Paula<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, Mestre em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos, Coordenação de Desenvolvimento Rural e Análise Ambiental – IFMT Campus Alta Floresta, Rodovia MT 208, Lote 104, s/n, CEP 78580-000, Alta Floresta, Mato Grosso. (66) 99928-3880. [marcus.martins@ifmt.edu.br](mailto:marcus.martins@ifmt.edu.br). (autor correspondente). <sup>2</sup> Zootecnista, Doutor em Ciências Ambientais, Coordenação de Desenvolvimento Rural e Análise Ambiental – IFMT Campus Alta Floresta, Rodovia MT 208, Lote 104, s/n, CEP 78580-000, Alta Floresta, Mato Grosso. (66) 99652-2992. [fernando.silva@ifmt.edu.br](mailto:fernando.silva@ifmt.edu.br). <sup>3</sup> Gestor Ambiental, Doutor em Ciências, Docente EBTT, IFMT Campus Barra do Garças, BR-158, Rua José Maurício Zampa, s/n°, Loteamento BR-070, CEP 78605-099. (66) 98109-2871. [marco.morais@ifmt.edu.br](mailto:marco.morais@ifmt.edu.br). <sup>4</sup> Engenheira Sanitarista e Ambiental, Mestre em Estudos Antrópicos da Amazônia, Pesquisadora Autônoma, Av. Brasil nº 227, Jardim Primavera, CEP 78580-000, Alta Floresta, Mato Grosso. (66) 9999-8579. [carlapaula22@gmail.com](mailto:carlapaula22@gmail.com).

Artigo recebido em 02/08/2023 e aceito em 08/04/2024

### RESUMO

O rio Paranaíta, importante tributário da bacia Teles Pires, tem sido impactado por processos antrópicos devido principalmente à agropecuária e hidroenergia. Analisar as dinâmicas geoambientais das bacias hidrográficas amazônicas é fundamental para construção de estratégias de gestão ambiental e territorial, e, estas perpassam inicialmente pela identificação das características dos sistemas ambientais, a partir de diagnósticos que considerem a integração dos diferentes elementos da paisagem, como dinâmica geoambiental e hidrológica. O estudo objetivou analisar a dinâmica geoambiental e qualidade da água na bacia do baixo Paranaíta. A caracterização geoambiental foi realizada partir do geoprocessamento de dados geoespaciais disponibilizados em bases de dados oficiais e a avaliação da qualidade da água com amostragens *in loco* e análises laboratoriais. Os dados geoespaciais foram geoprocessados e gerados produtos cartográficos para caracterização espacial. Os dados de qualidade da água foram tabulados e realizada análise de estatística descritiva. Os resultados demonstram a fragilidade ambiental do baixo Paranaíta, em razão do predomínio de áreas com declividades superiores a 3%, associada a ocorrência de Argissolos que naturalmente apresentam maior suscetibilidade à erosão e a redução da cobertura florestal entre os anos analisados, com decréscimo de quase 22%. Com exceção do fósforo total, demais parâmetros estão em conformidade com a legislação de enquadramento dos corpos hídricos. No entanto, destaca-se que as transformações da paisagem na região, especialmente com o avanço da fronteira agrícola, indicam a necessidade de ações de planejamento e controle para garantir o ordenamento territorial na bacia e garantir os usos múltiplos da água em quantidade e qualidade adequadas.

Palavras-chave: geoprocessamento; monitoramento ambiental; recursos hídricos.

## Geoenvironmental dynamics and water quality in the lower Paranaíta basin, Mato Grosso Amazon

### ABSTRACT

The Paranaíta River, an important tributary of the Teles Pires basin, has been impacted by anthropic processes mainly due to agriculture and hydropower. Analyzing the geoenvironmental dynamics of the Amazonian watersheds is fundamental for the construction of environmental and territorial management strategies, and these initially pervade the identification of the characteristics of the environmental systems, based on diagnoses that consider the integration of the different elements of the landscape, such as geoenvironmental dynamics and hydrological. The study aimed to analyze the geoenvironmental dynamics and water quality in the lower Paranaíta basin. The geoenvironmental characterization was carried out from the geoprocessing of geospatial data available in official databases and the assessment of water quality with *in loco* sampling and laboratory analysis. Geospatial data were geoprocessed and cartographic products were generated for spatial characterization. Water quality data were tabulated and descriptive statistical analysis was performed. The results demonstrate the environmental fragility of the lower Paranaíta, due to the predominance of areas with slopes greater than 3%, associated with the occurrence of Argisols that are naturally more susceptible to erosion and the reduction of forest cover between the years analyzed, with a decrease of almost 22%. With the exception of total phosphorus, other parameters are in accordance with the legislation that regulates water bodies. However, it is noteworthy that the transformations of the landscape in the region, especially with the advance of the agricultural frontier, indicate the need for planning and control actions to guarantee territorial organization in the basin and guarantee the multiple uses of water in adequate quantity and quality.

Keywords: geoprocessing; environmental monitoring; water resources.

## Introdução

A dinâmica das transformações nas paisagens hidrográficas compreende o encadeamento de processos antropogênicos e naturais, os quais são influenciados e potencializados principalmente pelo inexistente e/ou ineficiente planejamento de uso do solo, expansão das atividades agropecuárias, projetos hidroenergéticos, desflorestamento e urbanização. Conseqüentemente, tais processos promovem direta e indiretamente alterações na disponibilidade e qualidade da água, além de reflexos sobre outros compartimentos ambientais, como no solo e comunidades bióticas.

Neste contexto, tem-se intensificado, especialmente a partir do final da última década, intensos conflitos ambientais e socioterritoriais na bacia do baixo curso do rio Paranaíba, considerado um dos principais tributários da bacia Teles Pires, na região da Amazônia Mato-grossense. A instalação da usina hidrelétrica no médio curso do rio Teles Pires provocou a formação de um grande reservatório em partes do próprio rio Teles Pires e no baixo curso do rio Paranaíba, tendo em vista a confluência de ambos os rios próximos ao local da barragem, e, além disso, promoveu alterações ambientais na cobertura do solo, qualidade da água e dinâmica fluvial.

Os impactos ambientais promovidos pelas UHE's são diversos. Conforme destacam Lopes et al. (2018) e Latrubesse et al. (2017), a implantação de barragens e formação de áreas inundadas tendem a provocar alterações nas características hidrofísicas e limnológicas dos ambientes hídricos. Coura et al. (2021) asseveram que a formação do reservatório influencia em alterações da qualidade da água com mudanças significativas em parâmetros como temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, potencial redox, transparência, sólidos totais dissolvidos, clorofila- $\alpha$ , alcalinidade, fósforo total, cálcio e sulfato. Além destes problemas, Teixeira et al. (2020) avaliam que estes ambientes estão sujeitos a algum grau de assoreamento, tendo em vista as modificações na dinâmica hidrológica.

Nesta senda, destaca-se que os projetos hidrelétricos também contribuem para a intensificação de conflitos e alterações nos aspectos socioterritoriais e ambientais, como a realocação compulsória de populações (Aracanzo et al., 2022), perdas de florestas (Nickerson et al., 2022) e alterações nas comunidades aquáticas e dinâmica fluvial (Latrubesse et al., 2020).

Associado às transformações e impactos que ocorrem na bacia do baixo curso do rio Paranaíba, é importante considerar que a falta de informações que considerem a integração dos diversos componentes geofísicos da paisagem é um limitante à adoção de estratégias sustentáveis de uso dos recursos hídricos, de modo a se considerar a disponibilidade e qualidade da água. Oliveira et al. (2019) salientam que estudos com enfoque na disponibilidade de água em zonas de transição agrícola do bioma Amazônia são escassos ou até inexistentes, os quais são fundamentais para apoiar o gerenciamento dos recursos hídricos na região.

Pereira et al. (2024) salientam a importância de diagnósticos ambientais com enfoque na bacia hidrográfica, já que a compreensão de seus aspectos naturais é de fundamental importância para o planejamento ambiental e gestão dos recursos naturais.

A análise de bacias hidrográficas como unidade de estudo, possibilita a contextualização de problemas e impactos, o que facilita a identificação de áreas de degradação ambiental e grau de comprometimento dos processos produtivos (Braz et al., 2020). Estudos com enfoque na caracterização geossistêmica das bacias, bem como na avaliação da dinâmica de qualidade da água tem sido desenvolvidos a fim de se aperfeiçoar a compreensão dos diversos elementos que compõem a paisagem natural e propor alternativas de uso sustentável (Guidolini et al., 2020; Silva et al., 2023; Pereira et al., 2024). Esteves (1998) ressalta que os ecossistemas aquáticos não devem ser vistos isoladamente, mas sim como elemento de sua paisagem circundante, devendo as pesquisas considerarem as diversas interações entre o ambiente hídrico e o terrestre adjacente.

Portanto, análises da dinâmica ambiental em bacias hidrográficas envolvendo a caracterização da paisagem e qualidade da água permitem não somente a identificação das estruturas, hierarquias e padrões de organização, como também possibilitam a construção de mecanismos de gestão ambiental e territorial. Diante deste contexto, este trabalho objetivou analisar a dinâmica geoambiental e qualidade da água na bacia do baixo Paranaíba.

## Material e métodos

### Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Paranaíta está inserida no território dos municípios de Alta Floresta e Paranaíta, região extremo norte de Mato Grosso, sul da Amazônia. A nascente localiza-se em altitudes de aproximadamente 492 m no sul do

município de Alta Floresta e o rio desagua no baixo curso do rio Teles Pires. A área de estudo constitui o baixo curso da bacia com 1.660 km<sup>2</sup> e altitudes que variam entre 127 m e 492 m (Figura 1).

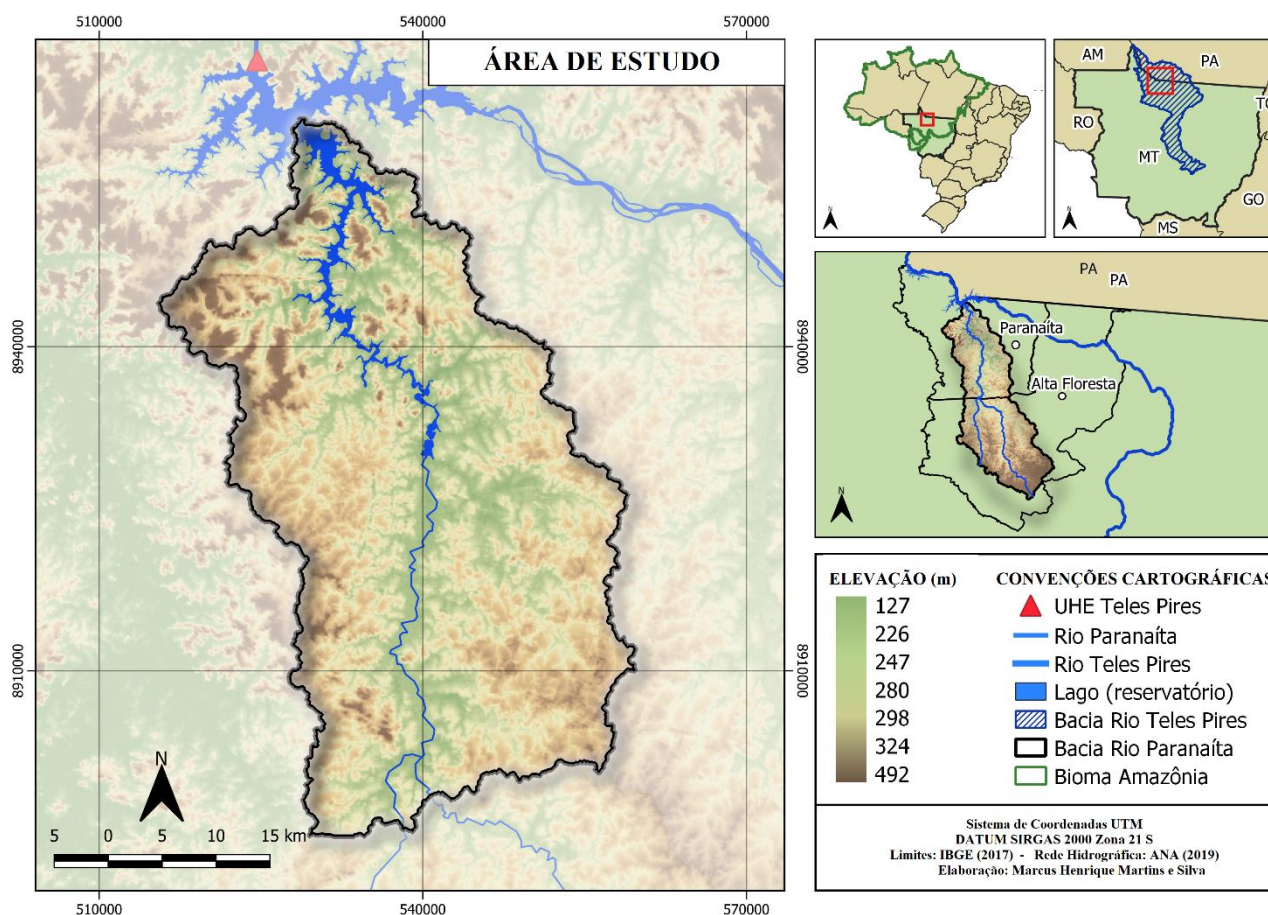


Figura 1. Mapa de Localização da Área de Estudo.

O clima na região é caracterizado com duas estações bem definidas, sendo uma seca (maio-setembro) e chuvosa (outubro-abril). A vegetação é composta por áreas de Floresta Ombrófila Densa e Floresta Ombrófila Aberta, sendo estas gradualmente substituídas por pastagens e outras culturas agrícolas.

Procedimentos Técnicos: Caracterização geoambiental

A caracterização geoambiental do baixo Paranaíta levou em consideração a identificação de unidades e atributos geoespaciais e suas interdependências: aptidão agrícola, declividade, pedologia, hipsometria, uso e cobertura do solo.

A delimitação da área de estudo se deu a partir de Modelo Digital de Elevação (MDE) de

resolução espacial de 30 m obtido gratuitamente do Projeto Topodata com dados do SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission* no site (<http://www.dsr.inpe.br/topodata/>).

Inicialmente, efetuou-se a reprojeção do sistema de coordenadas geográficas do MDE para coordenadas planas, SIRGAS 2000, Zonas 21 S, bem como a remoção de depressões espúrias e células sem valor a partir da ferramenta *Fill sinks* contidas no menu *Analysis Terrain – Hydrology* do pacote de análises hidrológicas do SAGA GIS 3.2.3 integrado ao software livre de geoprocessamento QGIS 3.4. Em seguida, obteve-se a área da bacia e ordens de drenagem com a ferramenta *Channel Network and drainage basins*.

Após a delimitação da bacia do rio Paranaíta realizou-se o recorte da área de estudo, considerando o baixo curso, região de maior

impacto ambiental em razão da formação do reservatório da Usina Hidrelétrica instalada no rio Teles Pires. O recorte geográfico também considerou a área de inserção da bacia do rio Paranaíta contida totalmente no município de Paranaíta, de modo que fosse possível analisar as características geoambientais e suas relações com as dinâmicas socioespaciais deste município.

Após a delimitação da área de estudo, procedeu-se análises de declividade conforme proposta de classificação da EMBRAPA (1979) e hipsometria, a partir do Modelo Digital de Elevação.

A análise espaço-temporal da cobertura do solo entre os períodos de 2009 e 2022 foi realizada a partir de imagens gratuitas de séries temporais dos satélites Landsat - 5 TM para o primeiro período e CBERS 4A para o segundo período de análise, disponíveis respectivamente nos endereços: <https://earthexplorer.usgs.gov/> e <http://www2.dgi.inpe.br/catalogo/explore>.

A classificação das imagens e obtenção dos dados geoespaciais de uso e cobertura do solo foram obtidos com a ferramenta SCP - *Semi-automatic Classification Plugin* (CONGEDO, 2016), instalado no software QGIS 3.4. Primeiramente, no pré-processamento das imagens foi realizado o recorte da área utilizando os limites da área de estudo como máscara para recorte dos arquivos *raster*, e, posteriormente, a correção atmosférica das imagens. Em seguida foram realizadas composições das imagens (cor verdadeira e falsa cor) para contraste e avaliação dos alvos de classificação de modo a discriminar a partir do contraste espectral as seguintes classes: vegetação densa, áreas de uso agropecuário (pastagens e lavouras) e massas d'água. No SCP são adicionadas amostras de treinamento identificadas conforme as diferentes classes de uso e posterior classificação pelo método da Máxima Verossimilhança (*Maximum Likelihood*).

Para caracterização da área de estudo em relação à aptidão agrícola e pedologia, consultou-se o Portal de Geometadados do Estado de Mato Grosso disponível no site <http://geoportal.mt.gov.br/>, onde foi realizado o download nos arquivos no formato shapefile e posteriormente realizado o recorte para a área de estudo.

Após o processamento dos dados geoespaciais foram gerados os seguintes produtos: mapa de uso e cobertura da terra, mapa

hipsométrico, mapa de declividade, mapa de aptidão agrícola e mapa de pedologia.

#### Monitoramento e avaliação da Qualidade da Água

A avaliação da qualidade da água considerou o monitoramento dos seguintes parâmetros: temperatura, pH, condutividade elétrica e transparência, os quais foram determinados *in situ* com disco de Secchi e sondas multiparamétricas. Além destes, foram coletadas amostras para análise em laboratório dos parâmetros de: turbidez, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total e nitrato.

As amostragens foram realizadas em três pontos de monitoramento distribuídos espacialmente conforme Figura 2.

Os procedimentos de coleta, armazenamento e transporte das amostras seguiram as recomendações técnicas descritas em (CETESB, 2011). As amostras foram coletadas no ponto central da seção transversal do rio Paranaíta na profundidade de 20 cm. Deste modo, com auxílio de balde *inox* devidamente higienizado, foram coletadas as amostras para análise dos parâmetros laboratoriais. Todas as amostras foram criteriosamente identificadas, numeradas e acondicionadas em caixa térmica refrigerada.

O período de monitoramento dos parâmetros físico-químicos se deu entre setembro/2022 e março/2022, totalizando 6 amostragens, já que no mês de dezembro/2022 não foi possível a realização de medições em campo. Desta forma, ao longo do monitoramento foram realizadas um total de 18 coletas de amostras de água para análise em laboratório.

Para avaliação da precipitação no período de amostragem foram utilizados os dados registrados na Estação Meteorológica da Universidade do Estado de Mato Grosso – Campus Alta Floresta, conforme apresentado na Figura 3.

Os dados referentes à avaliação da qualidade da água foram organizados em planilhas eletrônicas e submetidos à análise estatística descritiva (Edjah *et. al.* 2021). Essa abordagem foi adotada com o intuito de compreender as características presentes no local de estudo e avaliar possíveis alterações. Para tal análise, foram empregadas as seguintes medidas estatísticas: média, mediana, valor máximo, valor mínimo e proporção (em porcentagem). Além disso, para investigações sobre relações entre variáveis, foram aplicadas análises bivariadas, sendo a correlação de

Spearman a técnica empregada para essa finalidade.

Por último, comparou-se os valores dos resultados dos parâmetros físico-químicos analisados com os valores de referências

estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05 para Classe 2, tendo em vista que para o rio Paranaíta ainda não existe enquadramento dos corpos hídricos.

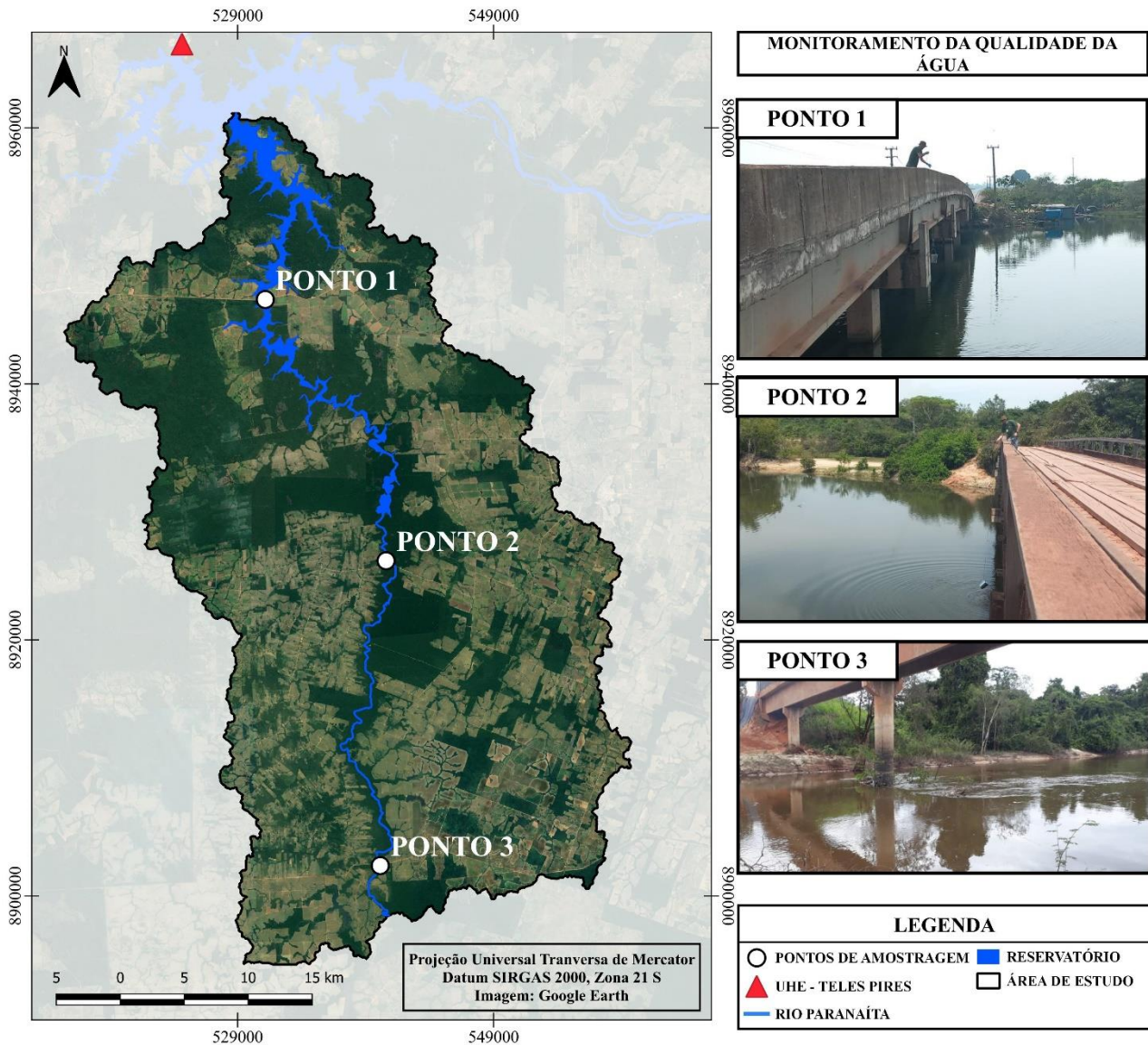


Figura 2. Mapa de localização dos pontos de amostragem para monitoramento da qualidade da água.

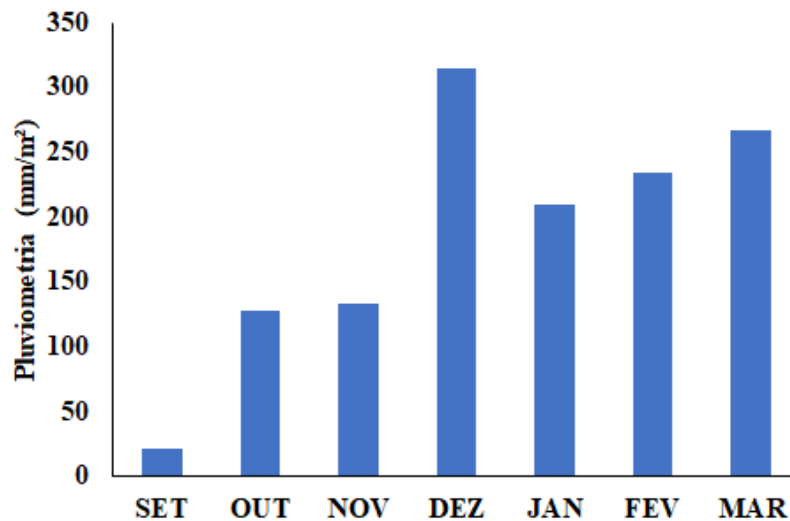


Figura 3. Precipitação total nos meses de monitoramento da qualidade da água.

## Resultados e discussão

### Caracterização geoambiental

A análise dos dados geoespaciais evidenciam os padrões de organização da paisagem no sistema hídrico baixo Paranaíta, constatando-se que as altitudes na área de estudo apresentam amplitude de 365 m, 127 m de altitude mínima e 492 m de altitude máxima (Figura 4). Segundo Peruzzo et al. (2022), a altitude é um parâmetro que está relacionado diretamente com a quantidade de radiação solar incidente nas diferentes áreas da bacia, e, por conseguinte, influencia em outras variáveis ambientais como a evapotranspiração, precipitação e temperatura local.

O mapa hipsométrico também demonstra que, especialmente na borda noroeste da bacia, estão concentradas maiores altitudes, o que contribui para o maior entalhamento da rede hídrica neste local, maior dinâmica de escoamento superficial e suscetibilidade de erosão das encostas. Para Melo e Costa Junior (2021) o relevo é um importante fator para os processos de uso e ocupação da terra, visto que este dá o suporte físico e ambiental para as atividades humanas, como limitá-las. Portanto, as áreas de maior altitude identificadas no presente estudo devem receber especial atenção no que diz respeito ao planejamento de uso das terras, sobretudo às práticas agropecuárias, já que a constituição de relevos mais acidentados, com maiores altitude, indicam maior suscetibilidade dos solos à intensificação de processos erosivos.

Rodrigues et al. (2020) ao analisar aspectos geoambientais da bacia hidrográfica Taquaratinga, salientam que nas áreas de maior altitude há maior vulnerabilidade ambiental e riscos de carreamento

de fertilizantes nitrogenados e agroquímicos com implicações na qualidade da água. Nesta senda, Melo et al. (2023) verificaram a importância da análise dos fatores relacionados ao relevo em bacias hidrográficas e constataram que as áreas com perda de solo forte e muito forte estão localizadas nas áreas de maior declividade e com rupturas do relevo.

A declividade da área em análise foi discriminada em 6 classes, correspondentes à caracterização do relevo conforme proposta de classificação da EMBRAPA (1979) e apresentada espacialmente conforme Figura 4.

Verifica-se a maior ocorrência da classe de relevo Suave-ondulado, correspondente a 52,09% da área (Tabela 1). Considerando as três principais classes identificadas (Plano, Suave-ondulado, Ondulado), estas representam 97,56% da área de estudo, o que implica de dizer que, de maneira geral, predominam áreas com declividades que variam entre 0 a 20% em todo o baixo curso do rio Paranaíta.

O planejamento e desenvolvimento de atividades agropecuárias deve considerar fundamentalmente, além de fatores climáticos e técnico-produtivos, os aspectos relacionados à declividade e relevo. Sistemas de produção agropecuários intensificam os processos erosivos quando as práticas de manejo não consideram elementos inerentes à topografia do terreno e aptidão agrícola.

Os dados de declividade indicam que as áreas de relevo plano e suave-ondulado representam 75% da área de estudo. Dai et al. (2022), consideram que o potencial erosivo e a

velocidade de escoamento superficial são atenuados em áreas de baixa declividade. Ainda assim, considerando que no baixo Paranaíta as áreas de relevo plano e suave-ondulado possuem percentuais de declividade variando entre 0 a 8%, as quais podem ser consideradas como áreas mecanizáveis para fins agrícolas (Pereira et al., 2024), faz-se necessária a implementação de ações técnicas de agricultura conservacionista como o plantio em nível e terraceamento, de modo que as atividades agropecuárias evitem ao máximo a intensificação de processos de perda de solo e assoreamento na rede de drenagem. Souza e Vieira

(2023) apontam que a ocorrência de processos erosivos na superfície da terra promove interferências no desenvolvimento econômico com consequências na morfologia da paisagem, formação de voçorocas, assoreamento de cursos d'água e redução da produtividade do solo. Martins e Silva & Silva. (2022), analisaram a dinâmica geoambiental de uma microbacia na região norte de Mato Grosso e também verificaram a predominância das classes de relevo suave-ondulado, sendo ressaltado a necessidade de práticas de manejo e conservação do solo para o desenvolvimento agropecuário.

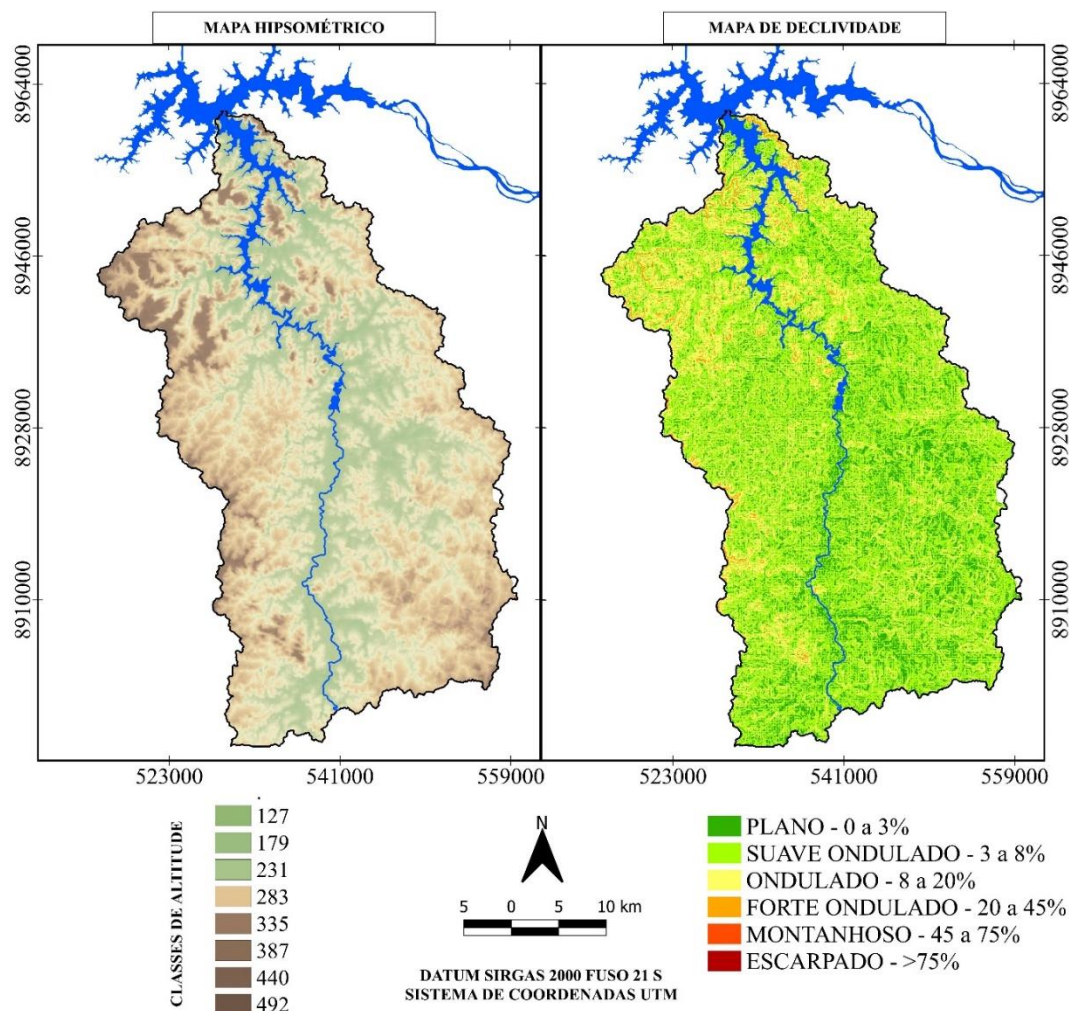


Figura 3. Mapa Hipsométrico e Mapa de Declividade do baixo Paranaíta.

**Tabela 1.** Distribuição das classes de declividade no baixo Paranaíta, Mato Grosso.

Classe de Declividade	Relevo	Área (ha)	%
0-3 %	Plano	38.188,91	23,10
3-8%	Suave-ondulado	86.109,97	52,09
8-20%	Ondulado	36.983,09	22,37
20-45%	Forte-ondulado	3.951,07	2,39
45-75%	Montanhoso	66,56	0,04
>75%	Escarpado	0,18	0,0001
<b>Total</b>		<b>165.299,79</b>	<b>100</b>

A adoção do planejamento agropecuário que considere as características topográficas se torna ainda mais relevante em regiões que estão sob processo de intenso avanço das atividades agropecuárias. A região norte de Mato Grosso, a qual está inserido o baixo curso do rio Paranaíta, é considerada uma das mais importantes fronteiras agrícolas do país, devido ao crescimento significativo das atividades agropecuárias nesta região. Nos últimos anos, tem-se verificado o processo de intensificação da produção bovina e de grãos por meio de sistemas de integração lavoura-pecuária. Para explicar esse cenário, de acordo com dados do IBGE (2021), nesta região foram colhidos 35,8 mil hectares de soja na safra 2019/2020, já na safra seguinte, 2020/2021, foram colhidos 39,1 mil hectares, o que demonstra avanço da produção sojícola na Amazônia mato-grossense.

Destarte, ainda que estes dados demonstrem o potencial econômico da região, fica evidente também o cenário de vulnerabilidade ambiental, tendo em vista que muitos sistemas de produção são implantados a partir da conversão

ilegal da floresta e sem adoção de práticas de manejo e conservação do solo e da água.

Associado à declividade e relevo, o fator solo é um importante componente da análise da paisagem, já que seus atributos e propriedades físicas e químicas influenciam na maior ou menor suscetibilidade aos processos erosivos e aptidão agrícola, bem como na intercomunicabilidade com o sistema hídrico devido aos processos de infiltração, percolação e drenagem.

Na Figura 5 estão apresentados os mapas de Aptidão Agrícola e Pedologia do baixo Paranaíta. A classe de solo mais representativa é a de Argissolo Vermelho-Amarelo (89,82%), enquanto as demais classes apresentaram os seguintes percentuais: Latossolo Vermelho Amarelo (6,55%), Neossolo Litólico (2,12%), Plintossolo (1,51%). A aptidão agrícola é classificada como Aptidão Boa para lavoura em apenas 9,62% da área, Sem Aptidão para qualquer uso agrícola em 7,01% e de forma mais representativa as áreas são classificadas como Aptidão Regular para lavoura em 83,35%.

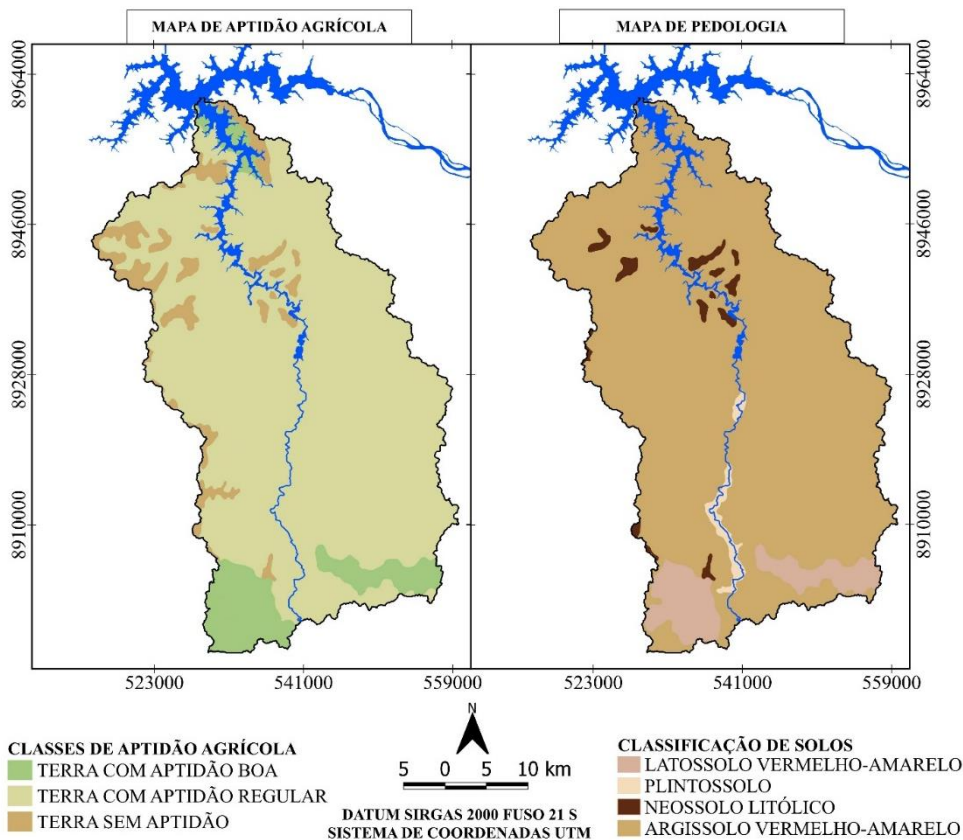


Figura 5. Mapa de Aptidão Agrícola e Mapa de Pedologia do baixo Paranaíta.

Os Argissolos são caracterizados como medianamente profundos a profundos e moderadamente drenados, apresentam grande susceptibilidade à erosão, podem ser utilizados para o plantio de diversas culturas agrícolas desde que as condições topográficas sejam favoráveis,

bem como, realizadas as devidas correções de acidez e fertilidade e adotadas práticas conservacionistas (EMBRAPA, 2021). A aptidão predominante na área do estudo é regular para lavouras, conforme sistema de classificação de Ramalho e Beek (1995). Essas terras, portanto,

apresentam limitações moderadas para a produção sustentada de utilização para lavouras, tais limitações, conseqüentemente, reduzem a produtividade ou os benefícios e elevam a necessidade de insumos. As áreas classificadas como Terras Sem Aptidão localizam-se predominantemente nas áreas de maior altitude e declividade. Assim, estas áreas devem ser destinadas à preservação das condições ambientais, visto que não apresentam viabilidade para uso agrícola, mas são fundamentais para a estabilidade da paisagem.

Portanto, considerando as características edáficas e de aptidão agrícola do baixo Paranaíba, é fundamental que as atividades agropecuárias sejam desenvolvidas com base em práticas de manejo e conservação do solo e da água, de modo a mitigar efeitos adversos do uso de fertilizantes, agrotóxicos e da mecanização, que podem ter efeito direto na sustentabilidade dos agroecossistemas e na qualidade da água do rio Paranaíba.

Ademais, ressalta-se que a retirada da cobertura vegetal que exerce, dentre outras funções, a de proteção dos solos, intensifica os processos erosivos nestes tipos de solo que já são naturalmente mais susceptíveis à erosão. Acerca disso, Kyuka et al. (2021) ao demonstrar os efeitos da vegetação sobre a morfologia de rios corrobora Tricart (1977) e Barroroso et al. (2024), que

consideram a cobertura vegetal como um dos responsáveis pela estabilidade nos processos morfodinâmicos, integridade dos ecossistemas aquáticos e pela capacidade em atenuar as ações de degradação dos solos.

Suzuki et al. (2021), avaliam que o uso intensivo do solo, sem considerar a sua aptidão e sem a utilização de recursos apropriados de conservação da água, pode ocasionar impactos negativos no solo e ao ambiente, sendo necessário que ações técnicas de planejamento e conservação devem ser implementadas em nível de bacias hidrográficas dada sua importância nos processos locais, regionais e globais. Por isso, a integração de diferentes variáveis geoambientais permite, sobretudo, ao poder público local, planejar e implementar programas e ações de política agrícola e extensão rural embasadas a partir do diagnóstico das potencialidades e limitações físico-naturais, de modo a garantir o ordenamento territorial e, além disso, fomentar o desenvolvimento dos arranjos produtivos em consonância à preservação dos recursos naturais.

Na Figura 6 é apresentado o mapa de uso e cobertura da terra para os anos de 2009 e 2022, em que é possível observar a dinâmica de transformação da paisagem no baixo curso do rio Paranaíba em período anterior e posterior à formação do reservatório da usina hidrelétrica.

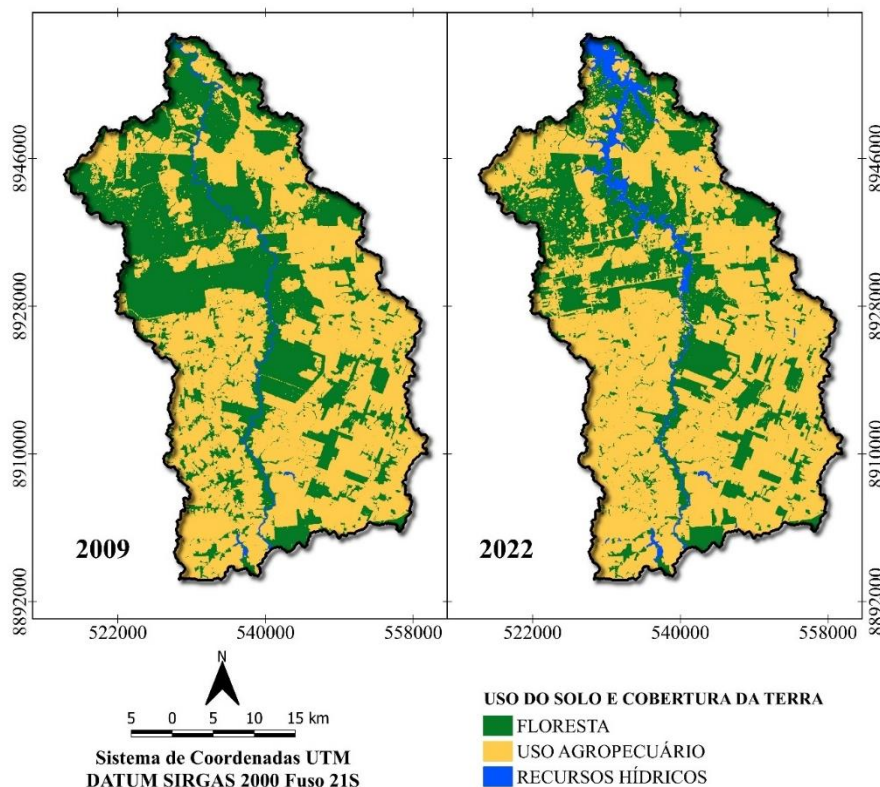


Figura 6. Mapa de Uso e Cobertura do solo do baixo Paranaíba.

Verifica-se espacialmente a redução e fragmentação das áreas de floresta nativa na bacia do baixo Paranaíta, bem como, o aumento das áreas destinadas ao uso agropecuário e aumento da área inundada pela formação do reservatório da Usina Hidrelétrica Teles Pires. É possível observar que os fragmentos de floresta nativa se concentram principalmente no entorno do rio Paranaíta, constituindo-se em áreas de preservação permanente e também na região noroeste da bacia.

Complementarmente à análise espacial, a Tabela 2 resume a análise quantitativa das classes de uso e cobertura da terra para os anos de 2009 e 2022. As áreas cobertas por floresta nativa tiveram redução de 21,68% entre os anos analisados, o que é devido ao aumento da área destinada às atividades agropecuárias e formação do reservatório. Áreas de uso agropecuário tiveram

um crescimento de 18,50%, além das áreas de massas d'água do rio Paranaíta que tiveram crescimento expressivo, correspondente a 282,06%.

Esses dados demonstram o cenário de vulnerabilidade ambiental do baixo Paranaíta e o empobrecimento da paisagem, tendo em vista que, ao se considerar o período de análise, o qual compreende um total de 14 anos, houve redução considerável da cobertura de floresta nativa, incluindo áreas de preservação permanente no entorno do rio Paranaíta. Em 2009, as áreas de floresta representavam pouco mais de 51% da área, enquanto em 2022 essa classe não chega a representar 40%. Em contrapartida, as áreas de uso agropecuário em 2022 representam 57,14% da área de estudo.

**Tabela 2.** Análise quantitativa das classes de uso e cobertura da terra do baixo Paranaíta (2009 e 2022).

Classes	2009		2022		Varição (2009-2022)
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	%
<b>Floresta</b>	84.338,18	51,02	66.050,37	39,95	-21,68
<b>Uso Agropecuário</b>	79.708,18	48,22	94.460,50	57,14	18,50
<b>Massas D'água</b>	1.253,42	0,76	4.788,92	2,89	282,06
<b>Total</b>	165.299,79	100,00	165.299,79	100,00	-

Como já abordado anteriormente, a atividade agropecuária é um dos principais componentes da socioeconomia da região norte de Mato Grosso, sobretudo a produção bovina e de grãos. A pecuária extensiva ocupa grandes áreas as quais são destinadas às pastagens e/ou sistemas de integração lavoura-pecuária. Na agricultura, tem-se destaque para lavouras anuais como milho e soja. Essas cadeias de produção são favorecidas, além das condições edafoclimáticas da região, também pela proximidade com um dos principais eixos de escoamento rodoviário, a BR-163, que permite a produção de grãos chegar ao porto de Miritituba-PA e embarcar para exportação pela hidrovía Tapajós-Amazonas. Estudo focado na paisagem amazônica desenvolvido por Martins e Silva & Silva (2022) identificaram que 70,63% da área de uma bacia hidrográfica na região norte de Mato Grosso é ocupada por atividades agropecuárias, o que corrobora os dados verificados no presente estudo no que se refere à substituição da paisagem natural por atividades de pecuária e agricultura.

O avanço e o intenso processo de conversão da floresta nativa em áreas de produção agropecuária asseveram os impactos sobre os sistemas ambientais em razão do desmatamento. De acordo com dados do Portal de Inteligência Territorial do Instituto Centro de Vida (ICV, 2023), no ano de 2022, 79% do desmatamento no estado

de Mato Grosso foi considerado como ilegal e apenas 21% considerado legal. Quer dizer, o desmatamento sem autorização dos órgãos ambientais é predominante no estado, o que implica em processos de conversão da floresta sem considerar aspectos técnicos e legais, como é o caso da supressão da vegetação nas áreas de preservação permanente no entorno de rios e nascentes.

Em Paranaíta, município em que o baixo curso do rio Paranaíta está totalmente inserido, os dados de desmatamento são ainda mais preocupantes já que 94% do desmatamento é enquadrado como ilegal e apenas 4% é considerado legal. Agrava-se ainda o fato de que em 2016, o município detinha apenas 48,62% do território com vegetação florestal nativa (Silva et al., 2018). Importante frisar, que pelo menos até o ano 2017 (última atualização disponível no Ministério do Meio Ambiente), Paranaíta figurava entre os 35 municípios prioritários para ações de prevenção, monitoramento e controle do desmatamento na Amazônia, devido aos altos índices de desmatamento ilegal ocorridos na região (MMA, 2017).

Branco, Almeida e Francisco (2022) consideram que as interferências antrópicas alteram não apenas as características biofísicas dos sistemas ambientais, mas também seus processos e dinâmicas. Estes autores destacam que os recursos

ambientais têm sido comprometidos por modelos de desenvolvimento que produzem crescimento econômico, mas que ameaçam e impactam cada vez mais os processos ecológicos.

Bampi et al. (2022) analisam que em Mato Grosso, produziu-se de forma gradual, um território-ambiente modificado dentro de uma ampliação do espaço geográfico capitalista baseado na apropriação da floresta e da terra. Neste sentido, é importante destacar que o desmatamento ilegal, especialmente em áreas de preservação ambiental, implica no desencadeamento de diversos processos de degradação da qualidade ambiental, tornando os ambientes mais fragilizados. A retirada da cobertura florestal deixa exposto os solos, favorecendo a formação de processos erosivos com o conseqüente carreamento de sedimentos, assoreamento de cursos d'água e alterações na qualidade da água. Rocha et al. (2023) destacam a importância da cobertura florestal nas bacias hidrográficas, já que as áreas florestais permitem a manutenção da qualidade da água em função do efeito filtro da vegetação com menor arraste de nutrientes e atenuação dos processos de assoreamento.

O recorte geográfico do baixo Paranaíta pode ser considerado como uma amostra do cenário de degradação florestal que ocorre não apenas na Amazônia mato-grossense, mas em toda a região conhecida como arco do desmatamento. De acordo com Dias (2023), o arco do desmatamento compreende uma área que se estende do sudeste do Maranhão ao sudeste do Acre, abrangendo também o norte do Tocantins, sul do Pará, sul do Amazonas, Rondônia e o norte de Mato Grosso. Este autor complementa ainda, que nesta região a lógica de exploração se dá, primeiramente, com a derrubada da floresta nativa e aproveitamento dos produtos madeireiros de maior valor comercial, e, posteriormente, a queimada para limpeza da área, formação de pastagens para produção pecuária e após a consolidação dessas áreas tem-se a implantação de culturas como soja e milho.

A agropecuária se constitui como um dos principais vetores das transformações da paisagem na Amazônia mato-grossense e no contexto do baixo Paranaíta. Entretanto, associado a este, a implantação das usinas hidrelétricas na região também se mostra como um dos grandes responsáveis pela pressão sobre os sistemas ambientais. No baixo Paranaíta, a área coberta por massas d'água teve um aumento de mais de 280%, conforme dados apresentados na Tabela 2. A implantação da usina Teles Pires promoveu a supressão de parte da vegetação durante o processo de construção da usina, e, além disso, parte da

vegetação foi submersa pela formação do reservatório, o que implica diretamente na qualidade da água e na biodiversidade aquática.

Fearnside (2015), analisa que as hidrelétricas na Amazônia provocam perdas de vegetação não apenas pela inundação dos reservatórios, mas também pelo estímulo ao desmatamento devido a atração e deslocamento de populações e abertura de estradas de acesso aos canteiros de obras. Percebe-se assim, que os impactos ambientais causados pelas usinas hidrelétricas são altamente complexos e se integram na dinâmica de impactos de outros vetores, com efeitos nos compartimentos do solo e da água.

#### Monitoramento da qualidade da água

A Política Nacional de Recursos Hídricos estabelece importantes diretrizes de ações, dentre as quais, pode-se destacar a gestão sistemática dos recursos hídricos sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade, a integração da gestão dos recursos hídricos com a gestão ambiental e a articulação da gestão dos recursos hídricos com a do uso do solo (Brasil, 1997). De tal forma, entender a dinâmica de transformação da paisagem nas bacias hidrográficas e os parâmetros de qualidade da água são fundamentais para uma análise integrada, de forma que se possa identificar vetores e macroprocessos de tais transformações e os efeitos e impactos nos diferentes compartimentos ambientais.

Na Tabela 3 está apresentada análise de estatística descritiva dos parâmetros físico-químicos de qualidade da água do baixo Paranaíta considerando os 3 pontos de amostragem ao longo de 6 meses de monitoramento.

Na Figura 7 estão apresentados os gráficos de variação mensal dos parâmetros físico-químicos de qualidade da água do baixo Paranaíta ao longo dos seis meses de amostragens.

O pH é um dos principais parâmetros de monitoramento da qualidade da água, já que influencia no desenvolvimento de organismos aquáticos e na solubilidade de elementos tóxicos e nutrientes. Os valores médios de pH do baixo Paranaíta ficaram entre 6,56 e 6,68, os quais estão em conformidade com a Resolução CONAMA 357/2005, que estabelece a faixa entre 6-9 de pH para corpos hídricos de Classe 2. Flexa et al. (2021) verificaram valores de pH similares aos do presente estudo, constatando aferições de 6,28 a 6,88 na avaliação da qualidade da água de um rio da Amazônia Central. Resultados similares também foram observados por Meireles et al. (2024), com valores médios de pH variando entre 6,37 a 6,70 em rio da Amazônia Oriental. O pH com menor

valor foi verificado no ponto 2, com registro de 6,24, e o maior foi de 7,03 registrado no ponto 1; tais registros correspondem respectivamente aos meses de setembro e novembro. Os valores médios dos três pontos amostrados demonstram o caráter moderadamente ácido das águas do baixo Paranaíba.

A temperatura apresentou valores médios entre 28,43°C e 28,58°C, o que corresponde a um intervalo de variação de 0,15 °C entre os pontos amostrados. A variação mensal de temperatura apresentada na Figura 7 demonstra o comportamento similar dos valores registrados nos 3 pontos ao longo dos 6 meses de amostragens,

com menores temperaturas no mês de março, período de maior pluviosidade.

Os valores médios de temperatura registrados no baixo Paranaíba estão próximos aos verificados por Costa et al. (2021), que registraram na bacia do rio Tarumã-Açu, Amazônia Central, valor médio 31,46 °C. Prado et al. (2021) também verificaram que em sub-bacias do rio Teles Pires localizadas no alto e médio curso, as menores temperaturas da água foram registradas nos meses de maior precipitação, corroborando os resultados do presente estudo.

**Tabela 3.** Estatística descritiva dos parâmetros físico-químicos de qualidade da água do baixo Paranaíba.

Parâmetro	Ponto	$\bar{X}$	Max.	Min.	Med.
pH	1	6,64	7,03	6,30	6,64
	2	6,56	6,87	6,24	6,59
	3	6,68	6,97	6,49	6,69
Temperatura	1	28,58	31,80	25,00	28,55
	2	28,43	31,90	24,30	28,35
	3	28,48	32,10	25,50	28,10
Transparência	1	122,17	195,00	46,00	126,00
	2	51,75	67,50	33,00	51,50
	3	53,83	85,00	41,00	47,00
Turbidez	1	9,60	21,40	2,78	7,24
	2	21,94	50,06	6,94	16,85
	3	23,86	39,00	17,9	19,35
Condutividade Elétrica	1	26,90	32,40	20,00	28,35
	2	27,90	34,20	19,70	30,15
	3	29,54	36,50	21,10	30,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio	1	2,41	2,41	2,41	2,41
	2	2,41	2,41	2,41	2,41
	3	3,22	6,67	2,41	2,41
Nitrato	1	0,23	0,32	0,18	0,22
	2	0,29	0,37	0,18	0,32
	3	0,32	0,38	0,29	0,31
Fósforo Total	1	0,04	0,09	0,02	0,02
	2	0,08	0,11	0,02	0,09
	3	0,08	0,11	0,02	0,09

$\bar{X}$ : Média; **Max.**: Máximo; **Min.**: Mínimo; **Med.**: Mediana.

O monitoramento da transparência nos 3 pontos de amostragens demonstrou que no ponto 1 houve o maior valor médio, com registro de 122,2 cm e valor máximo de 195,00 cm, registrado no mês 1 (setembro), plena estação seca na região. No ponto 2 registrou-se o menor valor médio (51,75 cm) e o menor valor mínimo (33,00 cm), registrado no mês de outubro, período que se inicia estação chuvosa. Coura et al. (2021) identificaram aumento significativo da transparência em pontos de monitoramento localizados em reservatórios de UHE's e sugerem que este comportamento está relacionado com a sedimentação neste tipo de

ambiente. Verifica-se também que nos três pontos de amostragem, a transparência apresentou redução entre o primeiro e o último mês de monitoramento, o que demonstra suposta relação desse parâmetro com a pluviometria, tendo em vista que no início das amostragens (setembro) ocorrem as menores precipitações e consequentemente menor vazão do rio, e, no último mês (março), são registrados os maiores valores de precipitação. Esse comportamento está de acordo com Rossiter et al. (2020), que apontam para a maior contribuição dos sedimentos carreados para

os corpos hídricos pelas chuvas ou transportados pelos canais afluentes.

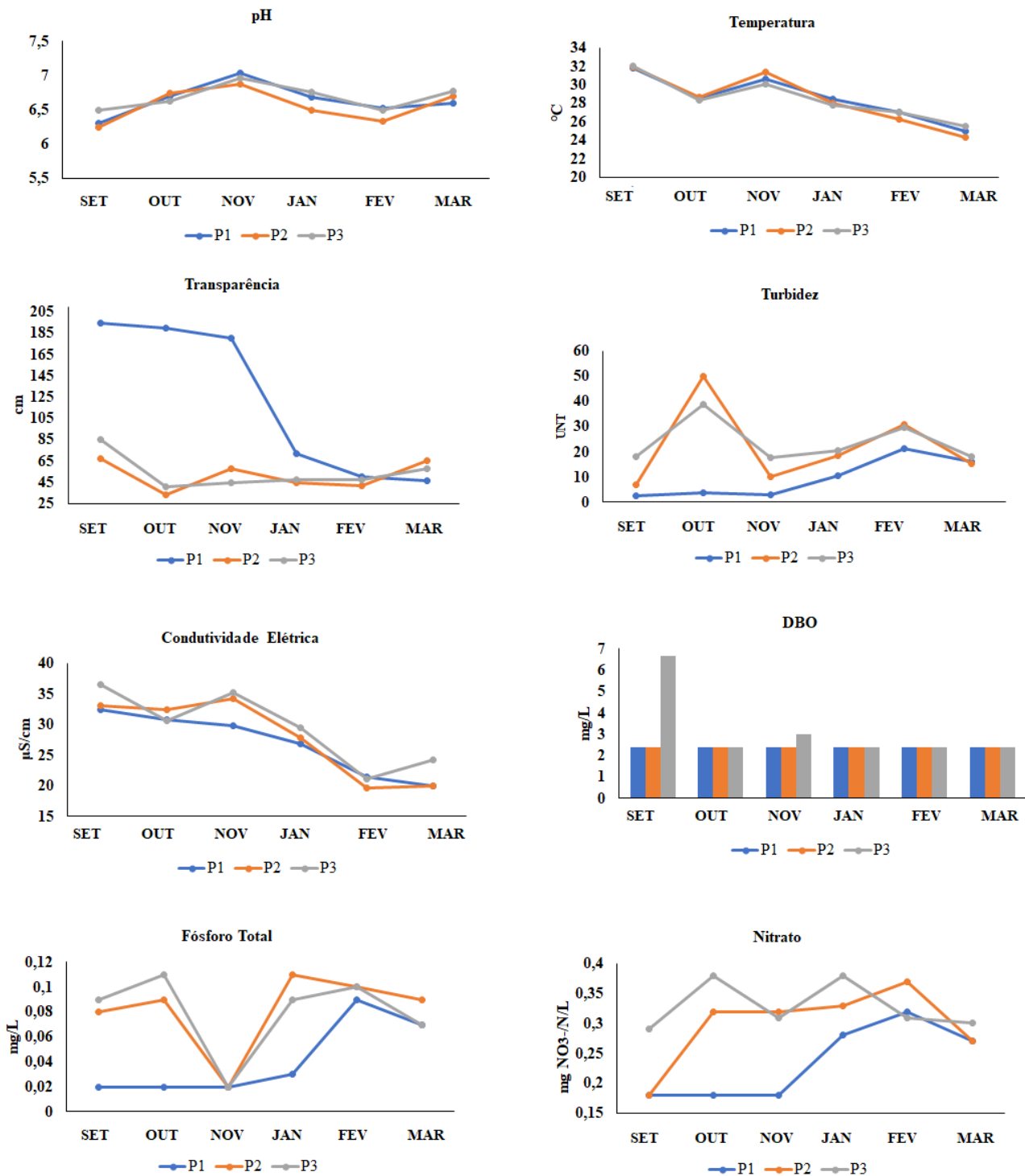


Figura 7. Variação espaço-temporal dos parâmetros físico-químicos de qualidade da água do baixo Paranaíta, nos pontos de amostragem P1, P2 e P3.

No ponto 3, registrou-se o maior valor médio de turbidez (23,87 UNT) e no ponto 1 o menor valor médio (9,60). Os valores de turbidez dos três pontos também estão em conformidade com a Resolução CONAMA 357/2005, a qual estabelece que para corpos hídricos de Classe 2, a turbidez deve ser inferior a 100 UNT.

Turbidez e transparência são parâmetros intimamente relacionados. Assim, a turbidez reflete a transparência da água, sendo inversamente proporcional à concentração de partículas coloidais ou em suspensão (ANA, 2021). No ponto 1, que apresenta características de ambiente híbrido (rio/lago), os dados de ambos os parâmetros foram

inferiores aos verificados nos pontos 2 e 3, o que indica que no local amostrado há menor dispersão de sedimentos e matéria orgânica e inorgânica em suspensão. Um aspecto importante quanto a estes parâmetros, é que, os pontos 2 e 3 são ambientes lóticos, sendo que a largura do curso d'água no período de cheia chega no máximo a aproximadamente 50 m nos dois locais amostrados. Isso significa que os processos erosivos que ocorrem nas margens tendem a provocar maior efeito quanto ao carreamento de sedimentos sobre os pontos de coleta. Diferentemente do ponto 1, em que o local amostrado dista mais de 200 metros das margens, o que pode atenuar os efeitos do carreamento dos sedimentos oriundos das margens. Ademais, ambientes lênticos tendem a apresentar menores valores de turbidez e sedimentação de material em menor proporção, como também observado por Oliveira et al. (2021), o que pode explicar os menores valores para o ponto 1 comparados aos demais pontos amostrados. Barroso et al. (2024), corroboram essa análise ao verificarem que na avaliação da turbidez em um reservatório de usina hidrelétrica, os valores desse parâmetro foram amortecidos por efeito da sedimentação, com menores valores de turbidez nas proximidades da barragem em comparação à montante.

A Condutividade Elétrica apresentou o maior valor médio no ponto 3 (30,60  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) e o menor valor médio no ponto 1 (29,54  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Além disso, os valores máximos dos três pontos foram registrados nos meses de setembro a novembro, período em que ocorrem os menores acumulados pluviométricos. Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Rossiter et al. (2020), em que verificaram os maiores valores desse parâmetro nos meses de menor pluviometria, atribuindo esse comportamento aos menores níveis de precipitação e maior evaporação, o que eleva a concentração de sais, e, conseqüentemente os valores de Condutividade Elétrica.

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) representa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica presente na água através da decomposição microbiana aeróbia (ANA, 2023). A DBO verificada para os pontos 1 e 2 não superaram o limite mínimo de quantificação, por isso, todos foram padronizados em 2,41 mg/L. Apenas no ponto 3, nos meses de setembro e novembro, foram verificados valores superiores a este limite, correspondentes a 6,67 mg/L e 3,02 mg/L, respectivamente. Os valores médios não ultrapassaram o valor máximo permitido para Classe 2, conforme a Resolução CONAMA 357/2005, que é de 5 mg/L. Baixos valores de DBO também foram verificados por

Andrietti et al. (2016) na avaliação da qualidade da água do rio Caiabi na bacia do rio Teles Pires, que registraram valores médios de DBO entre 0,6 mg/L e 1,4 mg/L. Prado et al. (2021) constaram baixos valores de DBO em tributários da bacia Teles Pires, com medianas variando entre 1 e 1,45 mg/L, indicando o nível de integridade dos ambientais. Desta forma, os resultados do presente estudo corroboram Andrietti et al. (2016) e Prado et al. (2021) no sentido de indicar que apesar das alterações da paisagem na bacia Teles Pires, é possível constatar grau moderado de conservação da qualidade da água nos seus tributários.

O menor valor médio de nitrato foi verificado no ponto 1 (0,23 mg  $\text{NO}_3\text{-N}/\text{L}$ ) e o maior valor médio no ponto 3 (0,32 mg  $\text{NO}_3\text{-N}/\text{L}$ ). No ponto 3, mês de outubro, registrou-se o maior valor de nitrato (0,38 mg  $\text{NO}_3\text{-N}/\text{L}$ ). No ponto 1, para os três primeiros meses de monitoramento, e no ponto 2, primeiro mês de monitoramento, os valores de nitrato ficaram abaixo do limite de quantificação ( $<0,18$  mg  $\text{NO}_3\text{-N}/\text{L}$ ), por isso, padronizou-se o valor de 0,18 mg  $\text{NO}_3\text{-N}/\text{L}$ . Em todos os pontos, os valores médios são inferiores ao limite máximo para o parâmetro nitrato (10 mg/L) estabelecido na Resolução CONAMA 357/2005 para Classe 2.

De acordo com o relatório de monitoramento da qualidade da água do estado de Mato Grosso, no rio Teles Pires, região de Alta Floresta, próximo à região do rio Paranaíta, os valores de nitrato variaram entre 0,04 e 0,40 mg/L, os quais são inferiores os valores definidos na legislação (SEMA, 2021). Esses dados demonstram que apesar do avanço da fronteira agrícola na região da Amazônia mato-grossense, a concentração de nitrato nas águas da bacia do rio Teles Pires não superou os limites máximos. Ademais, Siqueira et al. (2017) salientam que nas condições naturais da Amazônia, fatores relacionados às imensas dimensões fluviais e conseqüentes grandes vazões, a complexidade dos fluxos de nutrientes e energia decorrentes da interação água e florestas, o volume de matéria orgânica, e alta capacidade de depuração dos corpos receptores, fazem com que o nitrogênio nas formas orgânicas ou inorgânicas, esteja em circulação pelos compartimentos bióticos e abióticos e assim dificilmente atuando permanentemente como fator limitante à eutrofização.

Fósforo total é um importante parâmetro no monitoramento da qualidade da água e o excesso desse nutriente nos corpos hídricos pode ocasionar a proliferação de algas, eutrofização e até a mortandade de peixes (Varol, 2020). Esse parâmetro apresentou valores médios de 0,08 mg/L para os pontos 2 e 3, e no ponto 1 foi registrado

0,04 mg/L. Nos primeiros três meses de monitoramento os valores para o ponto 1 ficaram abaixo do limite de quantificação (0,02 mg/L). Conforme a Resolução CONAMA 357/2005, os valores médios de fósforo total dos três pontos de avaliação são superiores ao valor máximo permitido para corpos hídricos de Classe 2 (até 0,03 mg/L, em ambientes lênticos; até 0,05 mg/L, em ambientes intermediários; e, até 0,10 mg/L em ambientes lóticos). De acordo com Guedes et al. (2023), a substituição dos diferentes usos do solo pelas atividades agrícolas ocasiona o aumento das cargas de fósforo total e nitrogênio total. Para Borroso et al. (2024), o fósforo é relativamente facilmente absorvido e dessorvido das partículas dos sedimentos, o que demonstra a importância da avaliação do processo de fertilização interna de ambientes lóticos no monitoramento da qualidade da água. Estes aspectos podem explicar os valores de fósforo total superiores aos limites definidos pela legislação verificados no presente estudo, tendo em vista que a bacia do baixo Paranaíba tem a atividade agropecuária como um dos principais vetores de transformação da paisagem,

representando em 2022, aproximadamente 58% da área.

Castro et al. (2023) também consideram que a cobertura da terra com agricultura e pastagem é um dos principais fatores de alterações na qualidade da água. Acerca desse contexto, Bampi et al. (2022), chamam a atenção para o fato que na região norte de Mato Grosso, as atividades agropecuárias promoveram supressão da cobertura florestal, especialmente das matas ciliares, afetando diretamente as bacias hidrográficas da região por meio do assoreamento e acúmulo de sedimentos.

A análise de correlação de Spearman dos parâmetros físico-químicos de qualidade da água e precipitação (Figura 8) revelou correlações significativas positivas entre a condutividade elétrica com temperatura e DBO; turbidez com fósforo total e nitrato; e, fósforo total com nitrato. Correlações significativas negativas foram verificadas entre precipitação com condutividade elétrica e temperatura; e transparência com turbidez, fósforo total e nitrato.

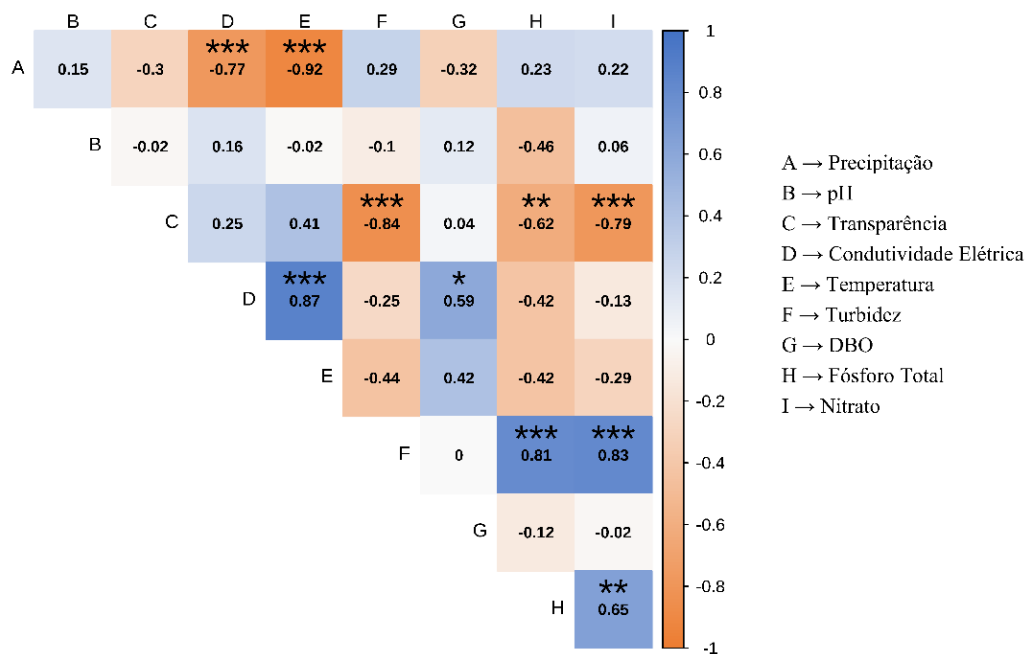


Figura 8. Análise de Correlação de Spearman entre os parâmetros físico-químicos de qualidade da água e precipitação.

Correlação positiva entre fósforo total e nitrato também foi verificado por Sousa et al. (2022), sendo que tais parâmetros estão diretamente relacionados ao processo de eutrofização, em geral, influenciados pelo aporte de material originário de fertilizantes agrícolas e efluentes da pecuária (Santos e Medeiros, 2023), o que pode caracterizar as condições verificadas no baixo Paranaíba, já que a bacia concentra a maior

parte de suas áreas destinadas às atividades agropecuárias. O mesmo padrão ocorreu entre turbidez e as concentrações de fósforo e nitrogênio, em que Sousa et al. (2023) também observaram comportamento similar.

A análise de correlação indicou que com a redução da transparência verifica-se o aumento da turbidez, do fósforo total e nitrato. Esse padrão é o esperado na dinâmica de alteração da qualidade da

água, tendo em vista que águas menos transparentes estão associadas a maior presença de sólidos em suspensão de natureza orgânica ou inorgânica, e estes são potenciais fontes de fósforo e nitrato, advindas dos processos de escoamento superficial e subsuperficial, sobretudo, no período de chuvas. Nesse sentido, Nascimento et al. (2019) observaram em seu estudo que durante a estação chuvosa, há muita matéria não dissolvida decorrente de escoamentos, erosão e intempéries, o que contribui para a alta turbidez.

Importante salientar que além da dinâmica de transformação da paisagem ocorrentes no baixo Paranaíta, especialmente na região do ponto 1,

caracterizado tanto pela alteração da dinâmica fluvial, como pela expansão da agropecuária, este local também é um dos principais pontos de referência para atividades de pesca, onde diversas estruturas flutuantes são instaladas para servirem de apoio aos pescadores que utilizam estratégias de retenção de cardumes por meio de “cevas” (Figura 9). Assim, o constante fluxo de pessoas e embarcações, o descarte inadequado de lixo, além do processo de urbanização nas margens, representa uma ameaça potencial de impactos na qualidade da água, exigindo medidas de controle e conscientização ambiental.



Figura 9. Estruturas flutuantes e processo de ocupação das margens no baixo Paranaíta.

A dinâmica hidrológica dos rios amazônicos é altamente complexa, onde processos antropogênicos e naturais influenciam o comportamento dos parâmetros físico-químicos ao longo do ano. No presente estudo, a inviabilidade de se realizar um maior número de amostragens impossibilitou a realização de análises estatísticas considerando os parâmetros físico-químicos nos períodos de seca e de chuvas, de modo a detalhar e

discutir possíveis inter-relações eco-hidrológicas em ambas as estações.

Ressalta-se ainda, que apesar da importância geocológica do rio Paranaíta, especialmente ao ser considerar que este faz parte do sistema hídrico Teles Pires e Tapajós, escassos são os estudos de qualidade da água na região, não oferecendo assim, maior suporte para comparação de resultados com outros trabalhos.

## Conclusões

A compreensão da dinâmica, dos processos e elementos que compõem a paisagem do baixo Paranaíta, bem como, dos fatores que promovem a degradação ambiental caracterizam o quadro de vulnerabilidade o qual este sistema ambiental está submetido.

A análise das transformações espaço-temporais verificadas entre os anos de 2009 e 2022 indicaram o empobrecimento da paisagem natural com a fragmentação das áreas florestais e redução de 21,72% da cobertura florestal nativa, e, associada a isto, o crescimento de 18,46% das áreas destinadas às atividades agropecuárias, o que assevera a pressão sobre a estabilidade ecodinâmica local e regional. As características geoambientais, que descrevem esta bacia com áreas de declividade predominantemente superiores a 3% e solos naturalmente mais suscetíveis à erosão, evidenciam a necessidade de ações de controle do desmatamento ilegal e implementação de programas voltadas à práticas conservacionistas nos sistemas de produção agropecuários. Assim, ações de comando e controle voltadas ao monitoramento e fiscalização do desmatamento devem estar também integradas às políticas de incentivo e estruturação de cadeias de produção sustentáveis e recuperação florestal, as quais devem ser baseadas nos planos de recursos hídricos e de uso e ocupação do solo.

De maneira geral, os parâmetros de qualidade da água avaliados estão em conformidade com a legislação que trata do enquadramento dos corpos hídricos, considerando o rio Paranaíta como de Classe 2. A exceção se dá para as concentrações de Fósforo Total, que apresentou valores médios nos três pontos de monitoramento superiores aos limites definidos pela Resolução CONAMA 357/2005. Esta desconformidade apresenta relação com as características de uso e ocupação do solo que se destinam principalmente à produção agropecuária, o que pode refletir no maior aporte de matéria orgânica nos cursos d'água. Ainda que os demais parâmetros demonstrem o grau de conservação e conformidade quanto aos limites legais de qualidade da água, devem ser consideradas medidas de ordenamento territorial e ambiental, sobretudo para regular e evitar o descontrole nas instalações de infraestruturas nas margens e no interior do rio Paranaíta, as quais representam riscos de degradação da qualidade ambiental.

A caracterização geoambiental do baixo Paranaíta deve avançar na identificação e detalhamento dos diversos componentes e compartimentos da paisagem. Desta forma, faz-se fundamental novos estudos com foco, por exemplo, no mapeamento da geologia, geomorfologia, hidrogeologia, dinâmica fluvial, e campanhas de monitoramento da qualidade da água com maior periodicidade e número de parâmetros físico-químicos e biológicos, de modo que as informações geoespaciais e hidrológicas possam subsidiar a construção de planos de recuperação ambiental e uso sustentável.

## Agradecimentos

Ao Instituto Federal de Mato Grosso (IFMT) pelo financiamento da pesquisa por meio do Edital PROPES/IFMT 034/2022, bem como ao IFMT – Campus Alta Floresta pelo suporte técnico no desenvolvimento das atividades de campo.

## Referências

- ANA. Agência Nacional de Águas. 2023. Indicadores de qualidade da água - Índice de qualidade da água (IQA). Disponível: <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indices-aguas.aspx>. Acesso: 06 jul. 2023.
- ANA. Agência Nacional de Águas. 2021. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil – Quantidade e Qualidade da Água. Disponível: <https://relatorio-conjuntura-ana-2021.webflow.io/capitulos/quantidade-qualidade>. Acesso: 18 mar. 2024.
- Andrietti, G.; Freire, R.; Amaral, A. G. do; Almeida, F. T. de.; Bongiovani, M. C.; Schneider, R. M. 2016. Índices de qualidade da água e de estado trófico do rio Caiabi, MT. *Revista Ambiente & Água*, 11(1), 162–175. Disponível: <https://doi.org/10.4136/ambiente.1769>. Acesso: 18 jun. 2023.
- Arcanjo, N. M. M.; Herrera, J. A.; Silva, D. C. da. 2022. Reassentamento rural coletivo km-27 (RRC-27), Vitória do Xingu/PA, por famílias ribeirinhas impactadas pela UHE-Belo Monte. *Campo.Território*, 17, 81-108. Disponível: <https://doi.org/10.14393/RCT174866443>. Acesso: 16 jul. 2023.
- Bampi, A. C.; Silva, C. A. F.; Arantes, A.; Kohler, M. R.; Gaspar, W. J.; Lacerda, N. P.; Zanin, R. B.; Guarim Neto, G.; Pinheiro, J. A. 2022. The hydric question in the context of cattle ranching production in the northern Mato Grosso Amazon: a framework of the main grievances.

- Research, Society And Development, 11, 1-35. Disponível: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i13.35606>. Acesso: 20 jul. 2023.
- Barroso, G. R.; Pinto, C. C.; Gomes, L. N. L.; Oliveira, S. C. 2024. Assessment of water quality based on statistical analysis of physical-chemical, biomonitoring and land use data: Manso River supply reservoir. *Science of the Total Environment*, 912, 169554. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169554>. Acesso: 26 mar. 2024.
- Branco T.L.; Almeida, C.M.; Francisco, C.N. 2022. Modelagem Dinâmica Espacial das Mudanças de Uso e Cobertura da Terra na Região Hidrográfica da Baía da Ilha Grande-RJ: um enfoque sobre Comunidades tradicionais e unidades de conservação. *Revista Brasileira de Cartografia*, 74(1), 137-158. Disponível: <https://doi.org/10.14393/rbcv74n1-59436>. Acesso: 05 jan. 2023.
- BRASIL. 1997. Lei nº 9.433 de 8 janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/1943/3.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1943/3.htm). Acesso: 05 jul. 2023.
- Braz, A.M.; Mirándola, P.H.M.G.; Pinto, A.L.; Chávez, E.S.; Oliveira, I. J. de. 2020. Manejo integrado de cuencas hidrográficas: posibilidades y avances en los análisis de uso y cobertura de la tierra. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 29(1), 69-85. Disponível: <https://dx.doi.org/10.15446/rcdg.v29n1.76232>. Acesso: 12 mar. 2023.
- Castro, R.M.; Marcionilio, S. M. L. de O.; Morais, W. A.; Alves, W. dos S.; Oliveira, L. D.; Teixeira, M. B.; Oliveira, D. M. da S. 2023. Spatiotemporal analysis of water quality indicators in a watershed in Brazilian Cerrado. *Water Science And Technology-Water Supply*, 23, 1161-1176. Disponível: <https://doi.org/10.2166/ws.2023.061>. Acesso: 25 jul. 2023.
- CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2011. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidas. São Paulo: CETESB, Brasília: ANA, 2011. Disponível: [http:// https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2021/10/Guia-nacional-de-coleta-e-preservacao-de-amostras-2012.pdf](http://https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2021/10/Guia-nacional-de-coleta-e-preservacao-de-amostras-2012.pdf). Acesso em: 05 mar. 2022.
- Congedo, L. 2016. Semi-Automatic Classification Plugin Documentation. Disponível: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.29474.0224/1>. Acesso: 10 dez. 2022.
- Costa, J. S. da; Rodrigues, L. de S.; Silva, A. G. C. da; Reis, T. da C.; Melo, M. da G. G. de; Liberato, M. A. R. 2021. Estado de conservação e qualidade da água em uma bacia hidrográfica periurbana na Amazônia Central. *Scientia Plena*, 17(9). Disponível: <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2021.091701>. Acesso: 25 mar. 2024.
- Coura, M. R.; Cordova, J. E.; Oliveira, S. C. 2021. Analysis of Changes in the Quality of Surface Water after Filling of Hydroelectric Reservoirs in the Amazon, Brazil. *Environmental Processes*, 8, 1-20. Disponível: <https://doi.org/10.1007/s40710-021-00508-0>. Acesso: 18 abr. 2023.
- Dai, J.; Zhang, J.; Xue, K.; Yang, F., Huang, F.; Zhao, Hu.; Ma, X.; Dai, C.; Xu, Y.; Li, M.; Xu, H. 2022. Effects of spatial variations in rock fragments related to tillage on hydrological processes and sediment transport. *Catena*, 211, 105963. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105963>. Acesso: 28 mar 2024.
- Dias, R. 2023. No arco do desmatamento a destruição da floresta amazônica ocorre em ritmo acelerado. *Poliseres*, [s.n.], p. 1-2. Disponível: <https://www.poliseres.com.br/2023/05/no-arco-do-desmatamento-destruicao-da.html>. Acesso 14 jun. 2023.
- Edjah, A K. M.; Banoeng-Yakubo, B.; Akiti, T. T.; Doku-Amponsah, K.; Duah, A. A.; Sakyi-Yeboah, E.; Kippo, J. V.; Amadu, I.; Ibrahim, K. 2021. The use of statistical methods to assess groundwater contamination in the Lower Tano river basin, Ghana, West Africa. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(11), 748. Disponível: <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09514-z>. Acesso: 22 mar. 2024.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2023. Argissolos. Disponível: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-caatinga/solos/argissolos>. Acesso: 30 abr. 2023.

- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. 1979. In: Reunião técnica de levantamento de solos, Anais. Rio de Janeiro. 83p.
- Esteves, F. A. 1988. Fundamentos de limnologia. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência.
- Fearnside, P. M. 2015. Desenvolvimento Hidrelétrico na Amazônia. In: Fearnside, P. M. Hidrelétricas na Amazônia: impactos ambientais e sociais na tomada de decisões sobre grandes obras. Manaus: INPA, cap. 1, 9-33.
- Flexa, G. da S.; Faria, A. P. J. de; Henrique, I. N.; Almeida, Y. S. 2022. Qualidade da água de rio na Amazônia: um estudo de caso sobre o rio Pará do Uruará. *Revista Ibero-americana de Ciências Ambientais*, 12, 342-351. Disponível: <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.007.0031>. Acesso: 25 mar. 2024.
- Guidolini, J.; Ometto, J.; Arcoverde, G.; Giarolla, A. 2020. Environmental Land Use Conflicts in a Macroscale River Basin: A Preliminary Study Based on the Ruggedness Number. *Water*, 12, 1222-1235. Disponível: <https://doi.org/10.3390/w12051222>. Acesso: 22 abr. 2023.
- Guedes, D. M.; Marques, D. M.; Rodrigues, L. H. R.; Bravo, J. M.; Fragozo Júnior, C. R.; Cavalcanti, J. R. 2023. Influência da cobertura do uso do solo sobre a hidrodinâmica do reservatório da Usina Hidrelétrica de Barra Grande, SC. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 28, 1/e20220057. Disponível: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220220057>. Acesso: 22 mar. 2024.
- IBGE. Instituto Brasileira de Geografia e Estatística. 2021. Produção Agrícola Municipal. Disponível: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html>. Acesso: 18 jan. 2023.
- ICV. Instituto Centro de Vida. Portal de Inteligência Territorial. Monitor da ilegalidade do desmatamento em Mato Grosso. Disponível em: <https://inteligencia-territorial-instcentrodevida.hub.arcgis.com/>. Acesso: 30 jun. 2023.
- Kyuka, T.; Yamaguchi, S.; Inoue, Y.; Arnez Ferrel, K. R.; Kon, H.; Shimizu, Y. 2021. Morphodynamic effects of vegetation life stage on experimental meandering channels. *Earth Surface Processes and Landforms*, 46(7), 1225–1237. Disponível: <https://doi.org/10.1002/esp.5051>. Acesso: 16 mar. 2024.
- Latrubesse, E. M.; D'horta, F. M.; Ribas, C. C.; Wittmann, F.; Zuanon, J.; Park, E.; Dunne, T.; Arima, E. Y.; Baker, P. A. 2020. Vulnerability of the biota in riverine and seasonally flooded habitats to damming of Amazonian rivers. *Aquatic Conservation-Marine and Freshwater Ecosystems*, 31,1130-11:49. Disponível: <https://doi.org/10.1002/aqc.3424>. Acesso: 23 jul. 2023.
- Latrubesse, E.M.; Arima, E.; Dunne, T.; Park, E.; Baker, V. R.; D'horta, F.M.; Wight, C.; Wittmann, F.; Zuan, J.; Baker, P. A.; Ribas, C.C.; Norgaard, R.B.; Filizola, N.; Ansar, A.; Flyvbjerg, B.; Stevaux, J.C. 2017. Damming the rivers of the Amazon basin. *Nature*, 546, 363–369. Disponível: <https://doi.org/10.1038/nature22333>. Acesso 16 jun. 2023.
- Lopes, S.M.; Arruda, N.M.B.; Conte Neto, A.; Santana, N.; Pagioro, T.A. 2018. Spatio-temporal study of water quality in a subtropical reservoir and related water bodies in Southern Brazil. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 5, 209-221. Disponível: <https://dx.doi.org/10.22161/ijaers.5.9.24>. Acesso: 12 jan. 2023.
- Lopes, Y. K. L.; Neu, V.; Felizzola, J. F.; Teixeira, L. C. G. M.; Costa, C. E. A. de S. 2017. Variabilidade hidrogeoquímica em águas do Estuário Amazônico. *Ambiência Guarapuava*, 13(2), 325 - 341. Disponível: [https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/4184/pdf\\_1](https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/4184/pdf_1). Acesso: 01 ago. 2023.
- Martins e Silva, M.H.; Silva, F. L. 2022. Characterization of Geospatial, Morphometric, and Environmental Dynamics of the Mariana Microbasin in Alta Floresta-MT, Brazil. *Eng Agr-Jaboticabal*, 42(1), e20200128. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v42n1e20200128/2022>. Acesso: 22 mar. 2024.
- Matos, T.S.; Uliana, E.M.; Martins, C.A.S.; Rapalo, L.M.C. 2020. Regionalization of maximum, minimum and mean streamflows for the Juruena River basin, Brazil. *Revista Ambiente e Água, Taubaté*, 15(3), 1-18.

- Disponível: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.2418>. Acesso: 26 jan. 2023.
- Meireles, R. R.; Ribeiro, H. M. C.; Moraes, V. M. C.; Almeida, T. C. de; Rocha, T. S.; Pantoja, D. N. S. M., ... Souza, L. G. N. de. 2024. Avaliação da Qualidade da Água da Baía do Portel e do Rio Camaraipi, Município de Portel – Marajó, Amazônia Oriental. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 17(2), 1251–1267. Disponível: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v17.2.p1251-1267>. Acesso: 28 mar. 2024.
- Melo, A.C.A.; Couto Júnior, A.F. 2022. O relevo como elemento organizador da ocupação antrópica na ecorregião do Planalto Central. *Espaço e Geografia* 24, 154-177. Disponível: <https://periodicos.unb.br/index.php/espacoegografia/article/view/40273/31317>. Acesso: 18 mar. 2024.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. A política de municípios prioritários. Disponível: <http://combateadodesmatamento.mma.gov.br/municipios-prioritarios>. Acesso: 30 jun. 2023.
- Nascimento, L.P. do.; Reis, D.A., Roeser, H.M.P.; Santiago, A. da F. 2019. Relação entre uso do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica impactada por rejeitos de minério de ferro e esgoto doméstico. *Revista Ambiente & Água*, 14 (5), e2383. Disponível: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2383>. Acesso: 01 ago. 2023.
- Nickerson, S.; Chen, G.; Fearnside, P. M.; Allan, C. J.; Hu, T.; Carvalho, L. M.T. de; Zhao, K. 2022. Forest loss is significantly higher near clustered small dams than single large dams per megawatt of hydroelectricity installed in the Brazilian Amazon. *Environmental Research Letters*, 17, 084026. Disponível: <https://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/ac8236>. Acesso: 20 jul. 2023.
- Oliveira, R.F. de; Zolin, C.A.; Victoria, D.C.; Lopes, T.R.; Vendrusculo, L.G.; Paulino, J. Hydrological calibration and validation of the MGB-IPH model for water resource management in the upper Teles Pires River basin in the Amazon-Cerrado ecotone in Brazil. 2019. *Acta Amazonica*, 49(1), 54-63. Disponível: <https://doi.org/10.1590/1809-4392201800812>. Acesso: 18 jan. 2023.
- Prado, J. R. S.; Figueiredo, D.M.; Dores, E.F.G.C.; Hongyu, K.; Delfino, A.J.G.; Rodrigues, D.V.B. 2021. Variação da qualidade da água em relação á sazonalidade e ao uso da terra no sul da região amazônica. *Caderno Prudentino de Geografia*, 2, 159-184. Disponível: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/articledownload/7676/6112>. Acesso: 14 abr. 2023.
- Pereira, M. A. B., Alves, W. dos S., Oliveira, L. D., Morais, W. A., Castro, R. M., Pilatti, H. da S. C., & Moura, D. M. B. de. 2024. Geotecnologias Aplicadas à Análise da Morfometria: um estudo sobre duas bacias hidrográficas localizadas no Cerrado brasileiro. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 17(1), 315–331. Disponível: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v17.1.p315-331>. Acesso: 25 mar. 2024.
- Peruzzo, J.S.; Silvino, G.S.; Araújo, M.C.P.; Leon, M.J.; Arruda Filho, N.T.; Lisboa, F.D.S. 2022. Caracterização morfométrica das microbacias hidrográficas inseridas no município e Itaporanga (PB). *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 13, 92-104. Disponível: <http://dx.doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2022.003.0008>. Acesso: 16 mar. 2024.
- Ramalho, F. A.; Beek, K. J. 1995. Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras. 3ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 65p.
- Rocha, E. S.; Pires, L.C.; Silva, J.B.L da; Silva, A.G.; Santos, I.C. dos. 2023. Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água no rio Itanhém, entre Medeiros Neto e Teixeira de Freitas, Bahia. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 16(2), 688-702. Disponível: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v16.2.p688-702>. Acesso: 23 jul. 2023.
- Rodrigues, G. A.; Carleto, N.; Santos, G. O. 2020. Geração um de mapa hipsométrico da bacia hidrográfica de Taquaritinga/SP. *Interface Tecnológica*, 17, 492-504. Disponível: <https://doi.org/10.31510/infa.v17i1.824>. Acesso: 02 jan. 2023.
- Rossiter, K. W. L.; Marques, E. A. T.; de Oliveira, C. R.; Matta, E.; Morais, M. M. Q. M. M. 2020. Spatial-temporal evaluation of water quality in Brazilian semiarid reservoirs. *Water Practice and Technology*, 15(1), 92-104. Disponível: <https://doi.org/10.2166/wpt.2020.001>. Acesso: 29 mar. 2024.
- Santos, E. de O.; Medeiros, P. R. P. 2023. A Ação Antrópica e o Processo de Eutrofização no Rio Paraíba do Meio. *Sociedade & Natureza*, 35, e66441. Disponível: <https://doi.org/10.14393/SN-v35-2023-66441>. Acesso: 01 ago. 2023.

- SEMA. Secretaria de Estado de Meio Ambiente de Mato Grosso. 2021. Relatório de monitoramento da qualidade das águas superficiais do estado de Mato Grosso: 2018-2019. Disponível: <http://www.sema.mt.gov.br/transparencia>. Acesso: 07 jul. 2023.
- Silva, A.R.; Rodrigues, C. J.; Fonseca, A. L. D. 2023. Análise da paisagem em bacias hidrográficas costeiras como ferramenta de compreensão da qualidade ambiental. *Geographia*, 25(54), e52892. Disponível: <https://doi.org/10.22409/GEOgraphia2023.v25i54.a44368>. Acesso: 12 mar. 2024.
- Silva, C.A.F. da; Bampi, A.C. Regional Dynamics of the Brazilian Amazon: between Modernization and Land Conflicts. 2019. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 28(2), 340-356. Disponível: <https://doi.org/10.15446/rcdg.v28n2.72872>. Acesso: 18 abr. 2023.
- Silva, M.; Deluski, E. de C.; Santos, S.K. Ferreira dos.; Claudino, W.V.; Silva, E. P da. 2018. Uso de geotecnologias na dinâmica de ocupação dos solos no município de Paranaita-MT. *Agrarian Academy*, 5,334-346. Disponível: <https://www.conhecer.org.br/Agrarian%20Academy/2018a/uso%20de%20geotecnologias.pdf>. Acesso: 25 jul. 2023.
- Siqueira, G.W.; Aprile, F.; Migueis, A.M. 2012. Diagnóstico da qualidade da água do rio Parauapebas, Pará – Brasil. *Acta Amazônica*, 42(3), 413 – 422. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672012000300014>. Acesso: 06 jul. 2023.
- Sousa, R. G. de.; Freitas, A. S. de.; Oliveira, A. S. de.; Silva, H. R. 2022. Mapeamento da distribuição espacial da qualidade da água em função do uso e da ocupação do solo e da precipitação na Bacia do Rio Pará, MG. *Engenharia Sanitaria E Ambiental*, 27(4), 817–829. Disponível: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220200369>. Acesso: 31 jul. 2023.
- Souza, P.A. de; Vieira, E. M. 2023. Delimitação do potencial erosivo em áreas urbanas, estudo de caso da ocupação Vitória, Belo Horizonte – MG. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 16(03), 1450-1465. Disponível: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v16.3.p1450-1465>. Acesso: 22 mar. 2023.
- Suzuki, L. E. A. S.; Almeida, W. R. da S.; Amaral, R. de L. do; Ramos, M. F.; Rehbein, M. O.; Kunde, R. J. 2021. Capacidade de uso e aptidão agrícola das terras de propriedades rurais localizadas na bacia hidrográfica do Arroio Pelotas. *Forscience*, 9, e00873. Disponível: <https://doi.org/10.29069/forscience.2021v9n1.e873>. Acesso: 21 mar. 2024.
- Teixeira, E.K.C.; Rinco, A.V.; Coelho, M.M.L.P.; Saliba, A.P.M.; Pinto, E. J. A.; Furtado, L.M. 2020. Methodology for physical modeling of reservoir sedimentation. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 25(27). Disponível: <https://doi.org/10.1590/2318-0331.252020190093>. Acesso: 16 mar. 2023.
- Tricart, J. 1977. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro, IBGE/ SUPREN, 91 p.
- Varol, M. 2020. Spatio-temporal changes in surface water quality and sediment phosphorus content of a large reservoir in Turkey. *Environmental Pollution*, 259, 113860. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113860>. Acesso: 15 abr. 2023.