

Analise do Índice da Qualidade da Paisagem do Médio rio Cristalino, município de Cocalinho, Mato Grosso, Brasil

Análisis del Índice de Calidad del Paisaje del Medio río Cristalino, municipio de Cocalinho, Mato Grosso, Brasil

Analysis of the Landscape Quality Index of the Middle Cristalino River, Municipality of Cocalinho, Mato Grosso, Brazil

Maria de Fátima Vilela¹, Ivo Augusto Lopes Magalhães², Ana Clara Alves de Melo¹, Giovana Maranhão Bettiol³, Lidiamar Barbosa de Albuquerque¹ y Edson Eyji Sano¹

¹ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Cerrados, Planaltina

² Universidade de Brasília (UnB), Programa de Pós-Graduação em Geociências Aplicadas e Geodinâmica

³ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA sede), Brasília DF, Brasil

marina.vilela@embrapa.br; ivosrmagalhaes@gmail.com; anaclara_alves@hotmail.com; gibettiol@gmail.com; lidiamar98@yahoo.com; edson.sano@gmail.com

Vilela: <https://orcid.org/0000-0002-0002-5844>

Magalhães: <https://orcid.org/0000-0003-4136-1972>

Melo: <https://orcid.org/0000-0002-6399-9689>

Bettiol: <https://orcid.org/0000-0003-0619-3061>

Albuquerque: <https://orcid.org/0000-0003-0260-7642>

Sano: <https://orcid.org/0000-0001-5760-556X>

Resumo

O objetivo do estudo foi determinar o Índice de Qualidade da Paisagem (IQP) na bacia hidrográfica do médio rio Cristalino no município de Cocalinho, estado de Mato Grosso, Brasil, por meio de ferramentas de sistema de informações geográficas e técnicas de sensoriamento remoto. O estudo foi baseado no mapeamento de uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica obtido por meio da fotointerpretação do mosaico mensal do satélite PlanetScope adquirido em setembro de 2022, disponível na plataforma *Google Earth Engine*. O passivo ambiental nas áreas de preservação permanente (APPs) foi estimado calculando-se as áreas de intervenção antrópica ao longo dessas áreas de preservação. Para análise da qualidade da paisagem, foram considerados os dados de vegetação nativa, fragmentação, degradação e passivo ambiental ao longo das APPs, categorizados segundo a escala de Braun-Blanquet. A área do passivo ambiental em APPs hídricas foi mensurada em 4.061 ha, o que representa um passivo de 29%. O IQP calculado foi de 3,75, considerado como de média a alta qualidade ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: fragmentação florestal; métricas da paisagem; geoprocessamento; restauração ecológica.

Resumen

El objetivo del estudio fue determinar el Índice de Calidad del Paisaje (IQP) en la cuenca hidrográfica del medio río Cristalino, en el municipio de Cocalinho, estado de Mato Grosso, Brasil, mediante el uso de herramientas de sistemas de información geográfica y técnicas de teledetección. El estudio se basó en el mapeo del uso y cobertura del suelo de la cuenca hidrográfica a través de la fotointerpretación de un mosaico mensual del satélite PlanetScope, adquirido en septiembre de 2022, disponible en la plataforma *Google Earth Engine*. El pasivo ambiental en las áreas de preservación permanente (APPs) fue estimado calculando las áreas de intervención antrópica a lo largo de dichas zonas de preservación. Para el análisis de la calidad del paisaje, se consideraron los datos de vegetación nativa, fragmentación, degradación y pasivo ambiental en las APP, categorizados según la escala de Braun-Blanquet. El área del pasivo ambiental en las APP hídricas fue medida en 4.061 ha, lo que representa un pasivo del 29%. El IQP calculado fue de 3,75, considerado como de calidad ambiental media a alta.

PALABRAS CLAVE: fragmentación forestal; métricas del paisaje; geoprocésamiento; restauración ecológica

Abstract

The objective of the study was to determine the Landscape Quality Index (LQI) in the watershed of the Middle Cristalino river, located in the municipality of Cocalinho, in the state of Mato Grosso, Brazil, using geographic information system (GIS) tools and remote sensing techniques. The study was based on land use and land cover mapping of the watershed through photointerpretation of a monthly mosaic from the PlanetScope satellite, acquired in september 2022, available on the Google Earth Engine platform. Environmental liabilities in permanent preservation areas (APPs) were estimated by calculating the areas of anthropogenic intervention along these preservation zones. For the landscape quality analysis, data on native vegetation, fragmentation, degradation, and environmental liability along the APPs were considered, categorized according to the Braun-Blanquet scale. The area of environmental liability in riparian APPs was measured at 4,061 hectares, representing a liability of 29%. The calculated LQI was 3.75, which is considered to reflect medium to high environmental quality.

KEYWORDS: forest fragmentation; landscape metrics; geoprocessing; ecological restoration.

1. Introdução

A Ecologia da Paisagem contém diretrizes para maximizar a conservação da biodiversidade em paisagens com intensas interações humanas. A base teórica da Ecologia de Paisagem é a teoria da biogeografia de ilhas, proposta por MacArthur e Wilson (1967), a qual é baseada na fragmentação do habitat e configuração de paisagens que afetam a biodiversidade. Essa teoria sugere que o número de espécies de uma determinada área depende do equilíbrio entre a taxa de imigração de novas espécies e a taxa de extinção de espécies existentes, o qual é influenciado por fatores como tamanho da ilha ou do habitat e sua distância e grau de conectividade com outras áreas com potencial de colonização (Primack e Rodrigues, 2001).

A conectividade entre fragmentos de habitat pode ser promovida por meio da implementação ou reestabelecimento de corredores ecológicos, como exemplificado pela restauração de matas ciliares. Tais corredores constituem instrumentos estratégicos no planejamento da conservação ambiental e no manejo sustentável de ecossistemas naturais (Teixeira e Borges, 2024).

Os corredores ecológicos facilitam a movimentação de espécies entre fragmentos, aumentando a diversidade e a resiliência das populações, mesmo quando não são unidades formais de conservação da biodiversidade (Magalhães *et al.*, 2024). Desse modo, eles desempenham um papel fundamental no planejamento ambiental ao integrar áreas protegidas e fornecer uma estratégia eficaz para a proteção da biodiversidade em regiões ameaçadas (Araujo e Bastos, 2019). Por outro lado, esses corredores também funcionam como zonas-tampão, protegendo os ecossistemas de impactos externos como poluição agrícola e industrial.

Alguns autores começaram a propor índices de qualidade de paisagem (IQPs) a partir da necessidade de entender e mensurar as ações antrópicas que afetam a biodiversidade de diferentes regiões. Com o aumento crescente da fragmentação dos ecossistemas e da degradação ambiental, a Ecologia de Paisagem começou a enfatizar as análises das interações entre uso da terra, fragmentação de habitats e distribuição de espécies em diferentes escalas

geoespaciais e temporais (Wu e Hobbs, 2007). A análise do IQP é essencial para a implementação de políticas de restauração ecológica, pois permite avaliar e monitorar a condição ambiental de uma área baseada em aspectos como cobertura vegetal nativa, diversidade de habitats, fragmentação, conectividade estrutural e funcional entre fragmentos e degradação (Forero-Medina e Vieira, 2007; Rodrigues *et al.*, 2011; Rother *et al.*, 2018).

A importância do IQP pode ser vista sob os seguintes aspectos: 1) ajuda a entender a saúde do ecossistema, ou seja, como diferentes elementos da paisagem interagem e qual o impacto dessas interações na biodiversidade local; 2) auxilia na gestão do processo de restauração, pois, a partir dos dados qualitativos da paisagem, pode-se priorizar áreas que fornecerão maior benefício ecológico, promovendo a resiliência dos ecossistemas; 3) possibilita avaliar a eficácia das práticas implementadas e ajustar estratégias conforme necessidade, por meio da integração de dados de solo, água, flora e fauna, criando uma visão holística da paisagem; e 4) facilitar a comunicação com as comunidades locais, ao proporcionar dados visuais e quantitativos que exemplificam a importância da conservação e restauração, o que pode aumentar o engajamento da comunidade local, resultando em sensibilização, mobilização e participação efetiva da população em iniciativas de sustentabilidade ambiental para a conservação da biodiversidade (Vilela *et al.*, 2011; Leite *et al.*, 2013; Silva e Souza, 2014; Metzger, 2018; Dambrowski e Marenzi, 2023).

Dentre os instrumentos básicos de análise da qualidade da paisagem, destacam-se o uso de ferramentas de sistemas de informação geográfica (SIG) que, por sua vez, conseguem fornecer informações de cunho geoespacial acerca da estrutura da paisagem por meio das métricas da ecologia da paisagem (Syrbe e Walz, 2012). Dentre as principais métricas da ecologia da paisagem, incluem-se as de área, forma, borda de isolamento de área núcleo e conectividade (Thiago *et al.*, 2024). Essas métricas podem proporcionar medidas simples que quantificam diferentes elementos da

paisagem, servindo de base para a verificação de transformações e prováveis efeitos, além da modelagem de condições futuras (Silva e Souza, 2014).

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi determinar o IQP na bacia hidrográfica do Médio rio Cristalino, município de Cocalinho, MT, por meio de ferramentas de SIGs e técnicas de sensoriamento remoto. Até onde sabemos, não há nenhum estudo que tenha analisado o IQP dessa bacia. Neste contexto, esse estudo abordou a seguinte premissa: O IQP possibilita o entendimento das modificações estruturais e geoespaciais provocadas por ações antrópicas na paisagem, com a finalidade de direcionar e subsidiar intervenções visando a restauração ecológica de matas ripárias em áreas impactadas e/ou estratégicas para facilitar a conexão entre os fragmentos e permitir o fluxo gênico, assim como dar subsídios para a proposição de boas práticas de manejo adequado a conservação dos recursos naturais?

2. Material e métodos

2.1 Área de estudo

A bacia hidrográfica do Médio rio Cristalino localiza-se na região leste do estado de Mato Grosso, situada entre as coordenadas geográficas 14° 28' e 13° 27' de latitude Sul e 51° 70' e 50° 74' de longitude Oeste na

projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), Zona 24 L, no sistema de referência geocêntrico para a América do Sul (FIGURA 1). A referida bacia ocupa uma área de 635.986 hectares e abrange o município de Cocalinho com a presença dos principais afluentes: ribeirão Água Preta, o ribeirão Corixo da Pedra e o ribeirão das Piabas.

O rio Cristalino é considerado o mais importante tributário do canal principal na bacia hidrográfica do Médio rio Cristalino, correspondendo a 54% da área total da bacia do rio Cristalino e a 2% da bacia do Médio rio Araguaia. Segundo Latrubesse e Stevaux (2006), a bacia do rio Araguaia é dividida em três partes: Alto, Médio e Baixo Araguaia, sendo considerada um dos mais importantes sistemas fluviais da América do Sul, por drenar duas áreas fitogeográficas de enorme biodiversidade: a floresta Amazônica, ao norte, e o Cerrado, ao sul.

O clima na área de estudo caracteriza-se, segundo a classificação climática de Köppen, pelo tipo Aw, que corresponde ao clima tropical, com inverno seco e verão chuvoso e com precipitação média anual entre 1.600 mm a 1.900 mm e temperatura média anual entre 24 °C a 26 °C (Alvares *et al.*, 2013).

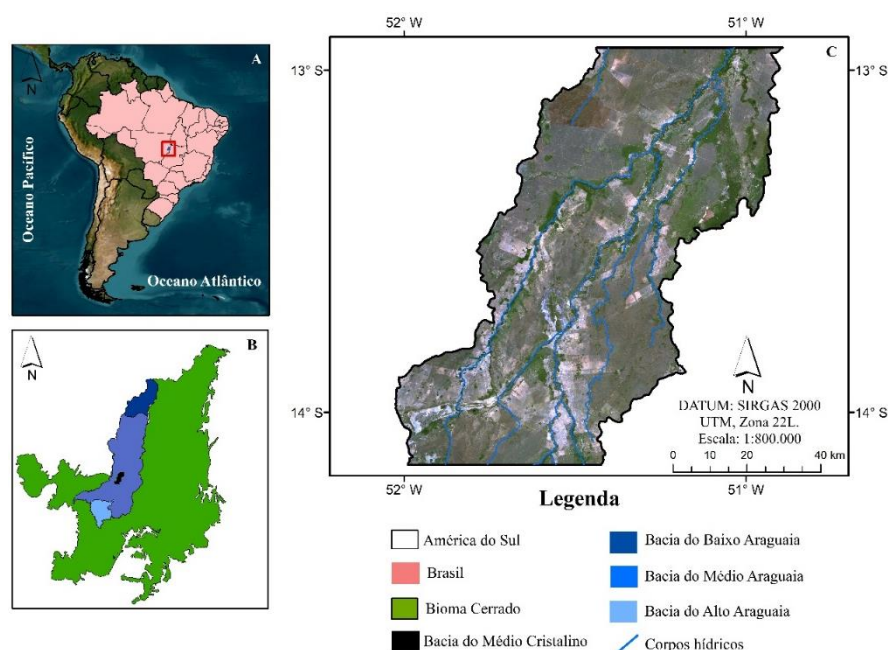


FIGURA 1. Caracterização da área de estudo. (A) Área em estudo no contexto global; (B) bacia hidrográfica do rio Araguaia e bioma Cerrado e (C) localização geográfica da bacia hidrográfica do Médio rio Cristalino, no município de Cocalinho, estado de Mato Grosso, Brasil

2.2. Abordagem metodológica

Os procedimentos metodológicos para cálculo do IQP foram adaptados do estudo de Vilela *et al.*, (2011). Esse índice é obtido considerando-se os dados de declividade, hipsometria, compartimentos geomorfológicos, tipologia da cobertura vegetal e interferências antrópicas.

A delimitação das classes de uso e cobertura da terra na bacia do Médio rio Cristalino foi obtido no mês de setembro de 2022 por meio do mosaico mensal da imagem do satélite *PlanetScope* que corresponde a uma constelação de mais de 200 nanosatélites denominados *Dove*. Esses satélites são construídos e operados pela empresa Planet e apresentam uma capacidade de imageamento de 340 milhões de km² por dia (Cheng *et al.*, 2020). As imagens são adquiridas por meio de quatro bandas nas faixas espectrais do azul (banda 1, 455–515 nm), verde (banda 2, 500–590 nm), vermelho (banda 3, 590–670 nm) e infravermelho próximo (banda 4, 780–860 nm). Os sensores operam com visada ao nadir, faixa de imageamento de 24,6 km, resolução espacial de 3,7 m e resolução radiométrica de 12 bits (Planet Team, 2020).

Recentemente, a Planet estabeleceu uma parceria com a *Kongsberg Satellite Services* (KSAT) e Airbus para fornecer, aos usuários de todo o mundo, acesso aos mosaicos de imagens *PlanetScope* para diversas aplicações como combate ao desmatamento e degradação florestal. A área coberta por essa iniciativa denominada *Norway's International Climate and Forests Initiative Satellite Data Program* (NICFI), (Pandey *et al.*, 2023) abrange vários países localizados entre as latitudes 30° N e 30° S, incluindo o Brasil. Os usuários têm acesso aos mosaicos semestrais na plataforma *Google Earth Engine* (GEE) para o período de dezembro de 2015 e agosto de 2020, tornando-se mensais a partir deste período (Planet Team, 2020). O mapeamento do uso e cobertura da terra foi realizado por meio de fotointerpretação do mosaico de setembro de 2022, com suporte do aplicativo ArcGIS 10.4.

O passivo ambiental em Áreas de Preservação Permanente (APPs) foi calculado

com base nas áreas de intervenção antrópica encontradas ao longo dessas áreas de preservação, conforme metodologia empregada pela Fundação Brasileira de Desenvolvimento Sustentável (FBDS, 2015). Inicialmente, foi feita a vetorização dos corpos d'água da bacia. Rios com largura inferior a 10 m foram digitalizados como linhas, enquanto rios com largura superior a 10 m foram digitalizados como polígonos.

Posteriormente, separaram-se os mesmos em recortes de 10 em 10 metros, calculando-se, em seguida, a largura do rio. Tais recortes foram agrupados a cada 100 metros. A determinação das faixas das APPs levou em consideração a Lei nº 12.651/2012, popularmente conhecida como Novo Código Florestal brasileiro e que dispõe sobre proteção da vegetação em áreas de APPs e de Reserva Legal (Brasil, 2012). Para rios com largura inferior a 10 m, a faixa de proteção é de 30 m, enquanto para rios com largura entre 10 m a 50 m, a faixa de proteção é de 50 metros. Na área de estudo, não há rios com largura superior a 50 metros, cuja faixa de proteção seria de 100 metros.

As faixas de proteção de 30 metros e de 50 metros da área de estudo foram criadas por meio da função buffer disponível no aplicativo ArcGIS 10.4. Em seguida, o mapa de uso e cobertura da terra foi recortado com o mapa de APPs hídricas para quantificar o passivo ambiental da bacia. Na FIGURA 2, são ilustradas as etapas da abordagem metodológica utilizada neste estudo.

Para a análise do IQP, foram calculados os percentuais relacionados às seguintes variáveis: cobertura vegetal nativa (Cvn), fragmentação baseada no isolamento (Fral), fragmentação baseada na contribuição para a cobertura vegetal nativa total (FraC) áreas degradadas (Ade), isto é, presença de atividades de mineração e queimada, além das APPs. Para determinação do IQD, os percentuais das variáveis acima mencionados foram categorizados de 0 a 5, segundo a escala de Braun-Blanquet (1979), (TABELA 1).

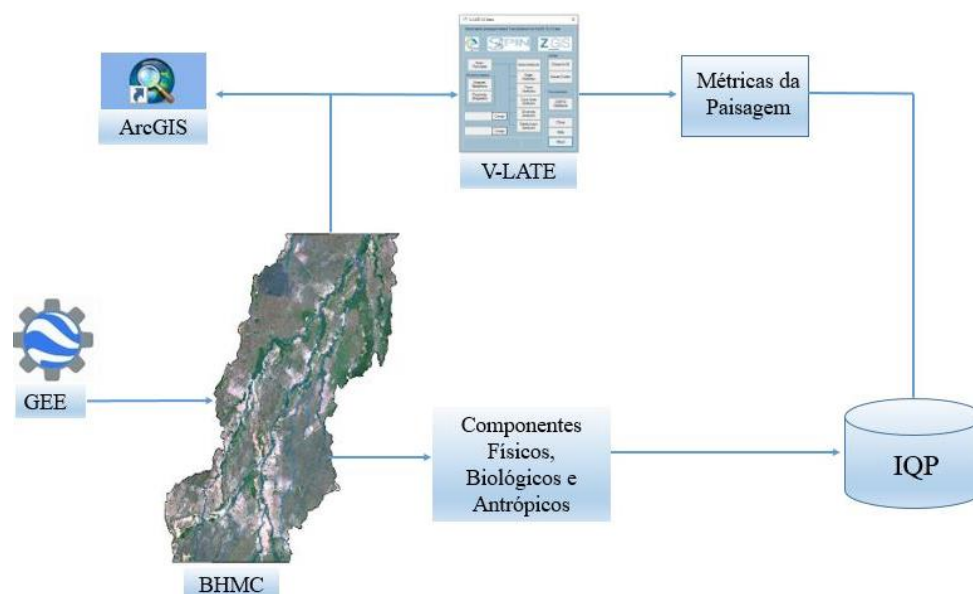


FIGURA 2. Fluxograma metodológico referente às etapas de desenvolvimento do estudo na bacia hidrográfica do Médio rio Cristalino, MT

TABELA 1. Valores de Índice de Qualidade da Paisagem (IQD) da cobertura vegetal nativa (Cvn), fragmentos baseados no isolamento (FraI) e na contribuição para a cobertura vegetal nativa total (FraC), áreas degradadas (Ade) e áreas de proteção permanente (APP), segundo a escala de Braum-Blanquet (1979)

IQD	Cvn	FraI	FraC	Ade	APP
0	0	> 75%	> 75%	> 75%	0
1	≤ 5%	50 – 75%	50 – 75%	50 – 75%	≤ 25%
2	5 – 25%	25 – 50%	25 – 50%	25 – 50%	25 – 50%
3	25 – 50%	5 – 25%	5 – 25%	5 – 25%	50 – 75%
4	50 – 75%	≤ 5%	≤ 5%	≤ 5%	75 – 99%
5	> 75%	0	0	0	100%

O mapa de uso e cobertura de terras foi empregado para gerar as métricas da paisagem com o intuito para determinação do valor do IQP. Essas métricas foram geradas por meio do *plug-in* denominado *vector-based landscape analysis tools extension* (V-LATE), desenvolvido para o aplicativo ArcGIS 10.4. A variável cobertura da vegetação nativa foi calculada pela relação entre área ocupada pela cobertura vegetal nativa na bacia e área total da bacia (Eq. 1). Para o cálculo da fragmentação da vegetação nativa, foram considerados os parâmetros isolamento e forma e relevância do fragmento na área total de vegetação nativa. Assim, o índice de fragmentação foi obtido dividindo-se a média da soma dos valores dos índices de isolamento e de contribuição do fragmento (Eq. 2). Neste estudo, foram considerados todos os fragmentos florestais,

pois, além de outras funções, os fragmentos, mesmo com área reduzida, servem como área de descanso e abrigo para as aves.

$$Cvn = 100 \times \frac{\text{Área de Cvn (ha)}}{\text{Área total da bacia (ha)}} \quad (1)$$

$$\text{Índice de fragmentação} = \frac{Iso + IConfFrag}{2} \quad (2)$$

em que:

Iso = índice de isolamento;

IConfFrag = índice de contribuição do fragmento.

A variável isolamento foi obtida dividindo-se o número total de fragmentos florestais isolados, isto é, aqueles com distância superior a 180 m do fragmento mais próximo, pelo número total de fragmentos florestais (Eq. 3). A variável contribuição do fragmento, que representa a

contribuição da área dos fragmentos de vegetação em relação a cobertura total de vegetal nativa, foi estimada pela relação entre área total de fragmentos de vegetação nativa e área total de cobertura vegetal nativa na bacia (Eq. 4). Quanto maior a contribuição dos fragmentos de vegetação nativa, menor é a qualidade da paisagem, pois se pressupõe maior fragmentação das áreas nativas.

$$\text{Isolamento} = 100 \times \frac{\text{Nº total de fragmentos isolados}}{\text{Nº total de fragmentos}} \quad (3)$$

$$\text{Contribuição} = 100 \times \frac{\text{Área total fragmentos (ha)}}{\text{Área total cobertura vegetal nativa (ha)}} \quad (4)$$

A variável área degradada foi obtida dividindo-se a área total degradada na bacia pela área total da bacia (Eq. 5). Por último, a variável APP foi obtida pela relação entre área total preservada e área total da APP da bacia (Eq. 6).

$$\text{Área degradada} = 100 \times \frac{\text{Área total degradada (ha)}}{\text{Área total da bacia (ha)}} \quad (5)$$

$$\text{APP} = 100 \times \frac{\text{Área total preservada na APP (ha)}}{\text{Área total da APP na bacia (ha)}} \quad (6)$$

O IQP foi calculado pela média aritmética entre as seis variáveis acima mencionadas (Eq. 7). O IQP varia de 0 a 5, sendo zero atribuído à área de estudo com qualidade extremamente baixa, enquanto o valor 5 é atribuído à área de estudo com qualidade da paisagem muito boa (TABELA 2).

$$\text{IQP} = \frac{\text{Cvn} + \text{IFra} + \text{Isolamento} + \text{Contr} + \text{Ade} + \text{APP}}{6} \quad (7)$$

em que:

Cvn = cobertura de vegetação nativa;

IFra = índice de fragmentação;

Contr = contribuição; Ade = área degradada; APP = área de preservação permanente.

TABELA 2. Interpretação das seis classes de Índice da Qualidade da Paisagem (IQP), segundo a escala de Braum-Blanquet (1979)

IQP	Interpretação
0	Extremamente baixa
1	Muito baixa
2	Baixa
3	Média
4	Alta
5	Muito alta

3. Resultados e discussão

Na FIGURA 3 é mostrado o mapa de uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do Médio rio Cristalino. A quantificação das classes de mudança de uso da terra, representadas em hectares e seus percentuais em relação à área de estudo, são apresentados na TABELA 3. Identificaram-se sete classes de uso e cobertura da terra: Área Alagada ou Pantanosa, Corpos d'água, Formação Florestal, Formação Savânica + Campo de Murundus, Fragmento Florestal (Formação Florestal isolada em uso antrópico), Mineração e Uso Antrópico.

Observou-se uma extensa área de cobertura vegetal composta em maior predominância pela Formação Savânica com Campos de Murundus, distribuídas em todas as regiões da bacia hidrográfica, representando 52,1% da bacia. Também foram encontradas extensas áreas de Formação Florestal (12,6%) na bacia hidrográfica. Já em relação às classes de uso não florestal, destaca-se a presença de 170.366 hectares de atividades antrópicas. A classe com menor ocorrência foi a mineração, com 205 hectares.

TABELA 3. Classes de uso e cobertura da terra da bacia do Médio rio Cristalino no ano de 2022

Classe	Área (ha)	Porcentagem (%)
Área Alagada ou Pantanosa	41.192	6,5
Corpos d'Água	3.921	0,6
Formação Florestal	80.000	12,6
Formação Savânica com Murundus	333.955	52,5
Fragmento Florestal	6.347	1,0
Mineração	205	0,03
Uso Antrópico	170.366	26,8
Total	635.986	100

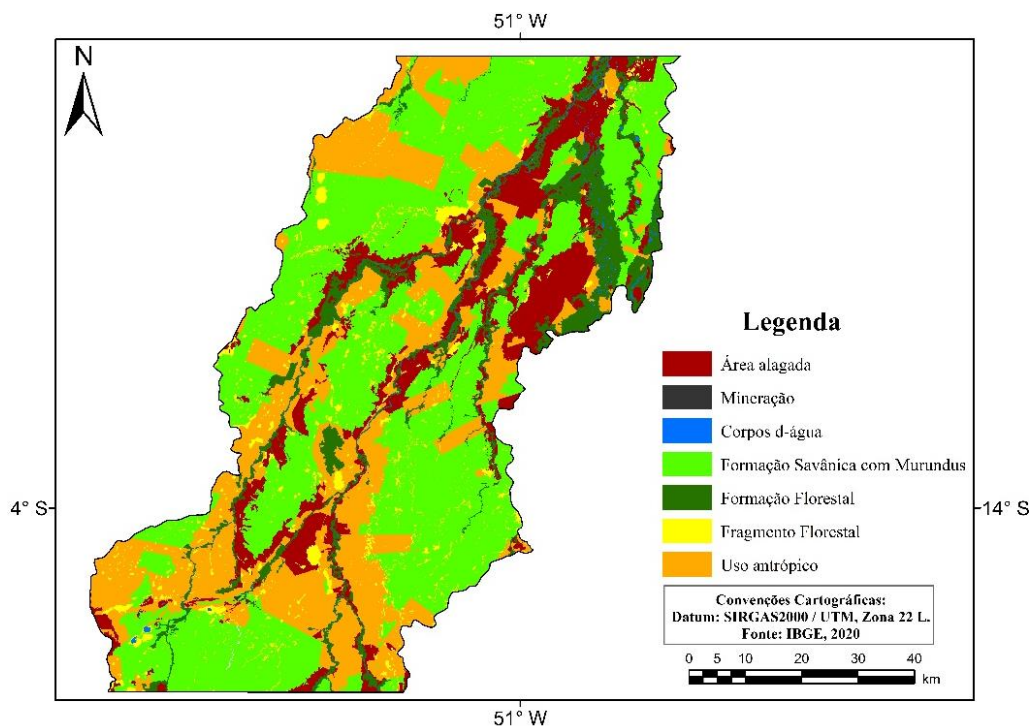


FIGURA 3. Uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do Médio rio Cristalino

Foram mapeados 3.946 hectares de rios com largura superior a 10 metros e 905 quilômetros de rios com largura inferior a 10 metros (FIGURA 4). Notou-se ainda a presença de diversas ilhas na região nordeste da bacia.

As APP's hídricas totalizaram uma área de 14.076 hectares. Em referência as áreas com passivo ambiental inseridas nas APPs hídricas, mensurou-se um total de 4.061 hectares, o que representa um passivo ambiental de 29% (TABELA 4).

O mapeamento das classes de uso e ocupação da terra permitiu identificar os

passivos ambientais em áreas de APPs de corpos hídricos reclassificados para as classes não florestais e florestais. O passivo ambiental em formações não florestais esteve inserido tanto nos rios com largura superior a 10 metros como nos rios com largura inferior a 10 metros, totalizando uma área de 10.014 hectares. O passivo ambiental em formações não florestais totalizou 4.061 hectares, ocorrendo de forma mais expressiva ao longo das APPs dos rios com largura inferior a 10 metros (FIGURA 5).

TABELA 4. Classes de uso e cobertura da terra nas APPs hídricas na área de estudo

Classe	Área (ha)	Porcentagem (%)
Área Alagada ou Pantanosa	1.455	10,3
Corpos d'Água	10	0,1
Formação Florestal	9.890	70,3
Formação Savânica com Murundus	1.538	10,9
Fragmento de Formação Florestal	124	0,9
Uso Antrópico	1.059	7,5
Total	14.076	100

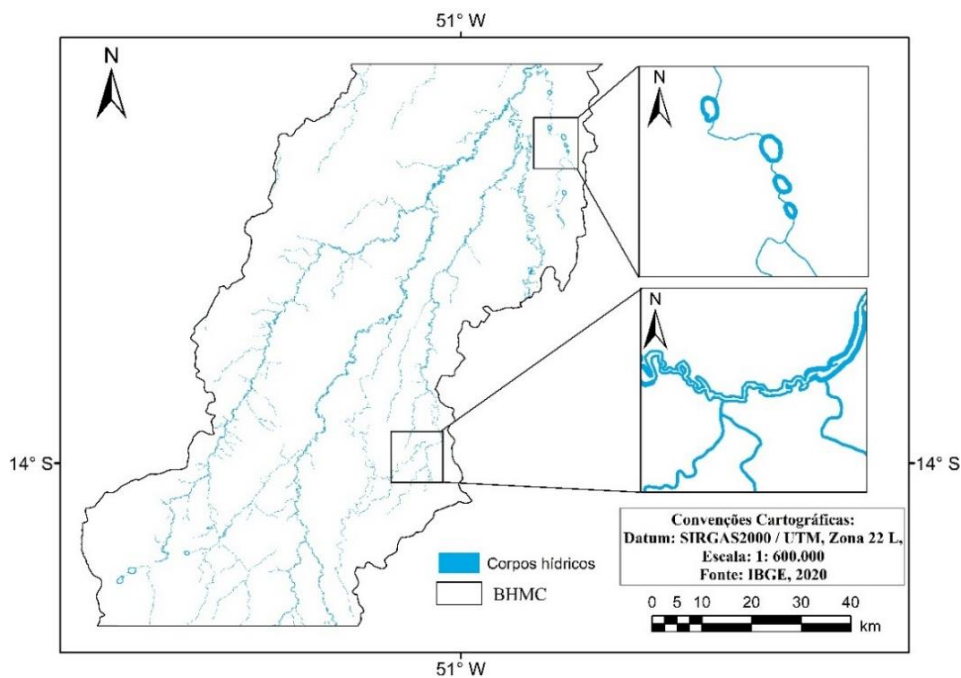


FIGURA 4. Corpos hídricos da bacia hidrográfica do Médio rio Cristalino

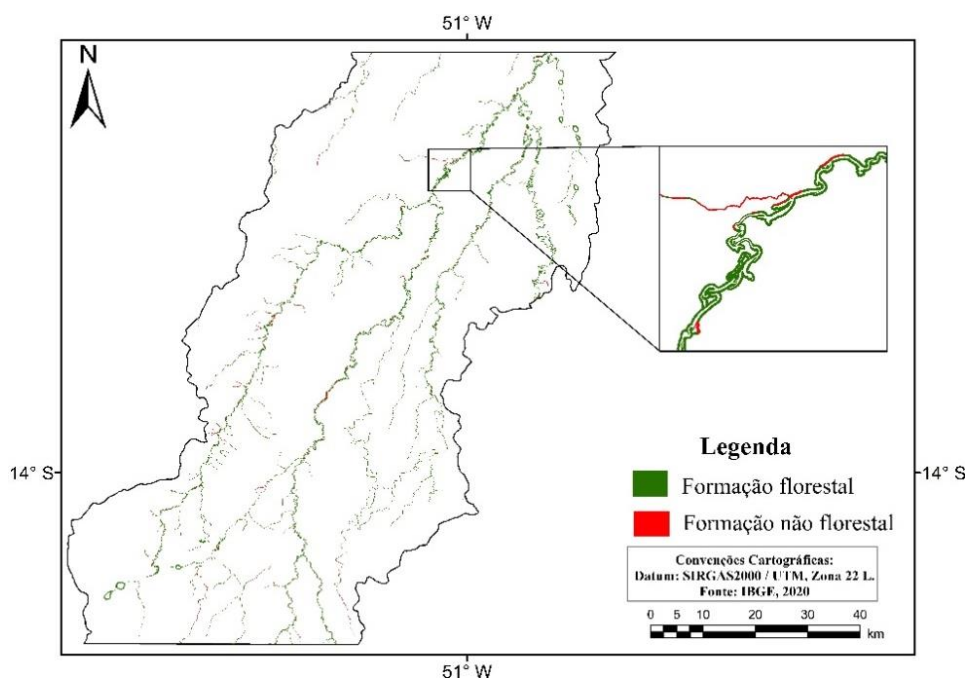


FIGURA 5. Passivos ambientais nas áreas de preservação permanente de corpos hídricos da bacia hidrográfica do Médio rio Cristalino

A vegetação natural ocupou 72,6% da área de estudo (461.494 hectares). A área coberta com vegetação nativa na região em estudo apresentou grande extensão, contribuindo para o bom resultado associado ao ICvn, com valor escalar igual a 4. O índice de fragmentação

determinou o percentual do isolamento de 40,9% e da contribuição do fragmento em 2,0%, o que correspondeu a um índice de isolamento de 2, índice de contribuição de fragmento de 4 e índice de fragmentação de 3. Os fragmentos pequenos e/ou irregulares podem aumentar a

fragilidade ambiental, favorecendo o aumento do efeito de borda. Quanto maior a irregularidade do fragmento, maior o efeito de borda, que acaba estabelecendo, no habitat, espécies generalistas atraídas pelas bordas com tendência a penetrar nos núcleos, colocando em risco as espécies nativas (Silva e Souza, 2014) e causando desequilíbrio nesses ambientes.

A estrutura da paisagem afeta o fornecimento de serviços por meio de múltiplos processos, como efeitos de fragmentação, borda e conectividade (Metzger *et al.*, 2021). A conectividade, que é o inverso da fragmentação, determina o grau em que uma paisagem facilita ou restringe o movimento dos organismos entre fragmentos. Ela influencia a sobrevivência das populações e a dinâmica populacional em paisagens fragmentadas (Forero-Medina e Vieira, 2007). O isolamento

entre os fragmentos, dependendo da distância entre eles, pode dificultar a manutenção das populações e a atração de fauna, principalmente a de polinizadores e dispersores de sementes e, conseqüentemente, dos serviços ecossistêmicos e dos fluxos que ligam essas áreas. A conectividade dos fragmentos é uma propriedade essencial, pois sem fluxo não há serviço, a menos que a oferta e a demanda ocorram exatamente no mesmo local (Dambrowski & Marenzi, 2023).

O percentual de área degradada foi mensurado em 2,8% (TABELA 5). As APPs na bacia de estudo possui extensa cobertura vegetal, comprovando ser uma bacia com alta preservação de biodiversidade. Os remanescentes nas áreas de APPs foi mensurado em 92,1%. O IQP calculado foi de 3,75.

TABELA 5. Análise do Índice da Qualidade da Paisagem (IQP) da bacia do Médio rio Cristalino, município de Cocalinho, estado de Mato Grosso, Brasil

Métricas	Percentual (%)	IQP
Cobertura vegetal nativa	72,6	4
Fragmentação		3
Isolamento	40,9	2
Contribuição do fragmento	2,0	4
Área degradada	2,8	4
Área de preservação permanente	92,1	4
IQP		3,75

Em síntese, o cálculo das métricas da paisagem e do IQP são fundamentais para se avaliar a qualidade ambiental dos remanescentes florestais. Com esses dados, pode-se planejar as melhores estratégias para a restauração ecológica (Longo *et al.*, 2024), possibilitando aumentar a cobertura florestal e a conectividade entre fragmentos visando a ampliação da proteção ambiental (Dambrowski & Marenzi, 2023), promovendo um maior fluxo gênico da biodiversidade e o retorno dos serviços ecossistêmicos de maneira eficaz e sustentável (Metzger, 2018).

4. Conclusões

A cobertura da vegetação nativa da bacia hidrográfica do Médio rio Cristalino e as áreas

de APPs estão em boas condições de preservação, entretanto, o índice de fragmentação já indica processos de supressão da vegetação nativa, apresentando fragmentos com um percentual de isolamento entre 25% e 50%.

O valor do IQP de 3,75 mostra que a qualidade da paisagem na bacia hidrográfica foi considerada entre média a alta. Desse modo, é possível programar medidas para reverter o processo de expansão da degradação, bem como promover a restauração ecológica de matas ripárias e propor rotas de corredores ecológicos que possibilitam o restabelecimento do fluxo gênico e o aumento da biodiversidade.

Em geral, o cálculo do IQD na bacia hidrográfica mostrou-se de fácil obtenção e

compreensão, apresentando a possibilidade de ações estratégicas de desenvolvimento inserção de outras variáveis ambientais. Por fim, sustentável e formulação de políticas públicas a aplicação do índice também poderá subsidiar na área de estudo.

5. Agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido no contexto do programa "Araguaia Vivo 2030", apoiado pela Tropical Water Research Alliance (TWRA) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) (conv. P&D&I TWRA/FAPEG 03/2023, proc. n.º 202210267000536).

6. Referências citadas

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C. e J. L. M. GONÇALVES. 2013. "Köppen's climate classification map for Brazil". *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6): 711-728.
- ARAÚJO, T. M. S. e F. H. BASTOS. 2019. "Corredores ecológicos e conservação da biodiversidade: aportes teóricos e conceituais". *Revista da Casa da Geografia de Sobral*, 21(2): 716-729.
- BRASIL. Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012. *Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa*. Diário Oficial da União, Brasília, DF.
- BRAUN-BLANQUET, J. 1979. *Fitosociologia. Bases para el Estudio de las Comunidades Vegetales*. Madrid, Espanha.
- CHENG, Y.; VRIELING, A.; FAVA, F.; MERONI, M.; MARSHALL, M. & S. GACHOKI. 2020. "Phenology of short vegetation cycles in a Kenyan rangeland from PlanetScope and Sentinel-2". *Remote Sensing of Environment*, 248: 1-20.
- DAMBROWSKI, V. e R. C. MARENZI. 2023. "Análise da ecologia da paisagem da bacia hidrográfica do Rio Itajaí, SC, Brasil". *Revista do Departamento de Geografia*, 43: 1-15. Disponível em: DOI:[10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2023.202870](https://doi.org/10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2023.202870).
- FORERO-MEDINA, G. e M. V. VIEIRA. 2007. "Conectividade funcional e a importância da interação organismo-paisagem". *Oecologia Brasiliensis*, 11(4): 493-502.
- FUNDAÇÃO BRASILEIRA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (FDBS). 2015. *Hidrografia, nascentes, rios duplos, massas d'água e áreas de preservação permanente (APPS)*. Brasília, DF. Disponível em: <<https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/geonetwork/srv/api/records/a61b73f1-ca5b-4776-808a-a708209254f1>>.
- LATRUBESSE, M. E. e J. C. STEVAUX. 2006. "Características físico-bióticas e problemas ambientais associados à planície aluvial do Rio Araguaia, Brasil Central". *Revista Geociências*. 5:(1): 65-73. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8384381>.
- LEITE, M. S.; TAMBOSI, LEANDRO R.; ROMITELLI, I. & J. P. METZGER. 2013. "Landscape ecology perspective in restoration projects for biodiversity conservation: A review". *Natureza & Conservação*, 11, 108-118. Disponível em: DOI:[10.4322/natcon.2013.019](https://doi.org/10.4322/natcon.2013.019).
- LONGO, R. M. e A. L. SILVA; CARVALHO, M. M. e A. I. RIBEIRO. 2024. "Métricas da paisagem e qualidade ambiental nos remanescentes florestais do Ribeirão Quilombo em Campinas/SP". *Ciência Florestal*, 34(1), e71899. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509871899>.

- MACARTHUR, R. H. & E. O. WILSON. 1967. *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press.
- MAGALHÃES, I. A. L.; THIAGO, C. R. L. e A. R. SANTOS. 2024. "Integração geotecnologias e lógica fuzzy na identificação de fragmentos florestais e rotas de corredores ecológicos". *Revista Geográfica Venezolana*, 65(2): 430-446. Disponível em: <https://doi.org/10.53766/RGV/2024.65.2.10>.
- METZGER, J. P. 2018. *Interface project: Relationships among landscape structure, ecological processes, biodiversity, and ecosystem services*. São Paulo, Brasil.
- METZGER, J. P.; VILLARREAL-ROSAS, J.; SUÁREZ-CASTRO, A. F.; LÓPEZ-CUBILLOS, S.; GONZÁLEZ-CHAVES, A.; ... & J. R. RHODES. 2021. "Considering landscape-level processes in ecosystem service assessments". *Science of the Total Environment*, 796, 149028. Disponível em: DOI: [10.1016/j.scitotenv.2021.149028](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149028).
- PANDEY P.; KINGTON, J.; KANWAR, A.; SIMON, R. & L. ABRAHAM. 2023. *Planet basemaps for NICFI data program: Addendum to basemaps product specification*. Disponível em: https://assets.planet.com/docs/NICFI_Basemap_Spec_Addendum.pdf.
- PLANET TEAM. 2020. *Planet Surface Reflectance Product v2*. Planet Labs, Inc.
- PRIMACK, R. B. e E. RODRIGUES. 2001. *Biologia da Conservação*. Planta. São Paulo, Brasil.
- RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S.; NAVE, A. G.; ARONSON, J.; BARRETO, T. E.; VIDAL, C. Y. & P. H. S. BRANCALION. 2011. "Large-scale ecological restoration of high-diversity tropical forests in SE Brazil". *Forest Ecology and Management*, 26(10): 1.605-1.613.
- ROTHER, D. C.; VIDAL, C. Y.; FAGUNDES, I. C.; SILVA, M. M.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R.; NAVE, A. G.; VIANI, R. A. G. & P. H. S. BRANCALION. 2018. "How legal-oriented restoration programs enhance landscape connectivity? Insights from the Brazilian Atlantic Forest". *Tropical Conservation Science*, 11: 1-9.
- SILVA, M. S. F. e R. M. SOUZA. 2014. "Padrões espaciais de fragmentação florestal na flora do Ibura, Sergipe". *Mercator*, 13(3): 121-137.
- SYRBE, R. U. & U. WALZ. 2012. "Spatial indicators for the assessment of ecosystem services: Providing, benefiting and connecting areas and landscape metrics". *Ecological Indicators*, 21: 80-88.
- TEIXEIRA, J. A. e F. F. BORGES. 2024. A importância de corredores ecológicos para a preservação da biodiversidade. In: Simpósio de Tecnologia FATEC, *Anais...* SITEC. Jaboticabal, São Paulo, Brasil.
- THIAGO, C. R. L.; MAGALHÃES, I. A. L. e A. R. SANTOS. 2024. "Identificação de fragmentos florestais potenciais para a delimitação de corredores ecológicos na bacia hidrográfica do rio Itapemirim, ES por meio técnicas de sensoriamento remoto". *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13(2): 595-612.

VILELA, M. F.; AQUINO, F. G.; ALBUQUERQUE, L. B. e L. G. BARIONI. 2011. Desenvolvimento de índice de qualidade da paisagem para áreas de bovinocultura de corte no bioma Cerrado: Resultados preliminares. In: Congresso de Ecologia do Brasil, 10. *Anais...* São Lourenço, MG. Sociedade de Ecologia do Brasil.

WU, J. & R.HOBBS. 2007. *Key Topics in Landscape Ecology*. Cambridge University Press.

Local e data de finalização do artigo:
Brasília, Brasil; fevereiro, 2025