



ÍNDICE DE TRANSFORMAÇÃO ANTRÓPICA (ITA) E A DINÂMICA DO USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SANTO ANTÔNIO-MS

Cleiton Messias Rodrigues Abrão¹
Rafael Brugnoli Medeiros²

Resumo: O Índice de Transformação Antrópica (ITA) mostra-se eficiente, pois, além de mensurar a pressão antrópica sobre um componente da paisagem, permite quantificar essa pressão avaliando o grau específico de antropização. Logo, a Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio passa por intensos processos de fragmentação da paisagem, a soja e pastagem avançam sobre vegetações nativas e pressionam os recursos hídricos. Justamente na tentativa de aferir tais pressões, o artigo tem por objetivo avaliar a dinâmica do uso da terra e cobertura vegetal na Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio e calcular o ITA para mensurar o seu grau de degradação ambiental. Para tanto, utilizou-se imagens da série Landsat 5 (1986), Landsat 7 (2000) e Landsat 8 (2016) manuseados em software Spring, por meio da classificação supervisionada - algoritmo *bhattachayara*. Juntamente a isso, para o mapeamento de 2024 foi utilizado o método do MapBiomass, sendo necessário ajustes nos polígonos a partir de imagens do satélite CBERS (2024) para atualização dos dados. Para o ITA foram utilizados valores em porcentagem de cada classe de uso multiplicado pelo peso atribuído quanto às alterações antrópicas e dividido por 100; e os valores foram classificados segundo níveis hierárquicos. O ITA apontou para uma classificação como degradada devido à expansão das atividades agropecuárias no período de análise e redução da cobertura vegetal. O avanço sobre florestas nativas é notório e há uma necessidade de propor medidas de urgência para recuperação das áreas degradadas, principalmente nos locais que apresentam fortes marcas de processos erosivos e reflorestamento da vegetação nativa.

Palavras-chave: Geoprocessamento. Fragmentação da Paisagem. Dinâmicas Territoriais. Imagens de Satélite.

ANTHROPIC TRANSFORMATION INDEX (ITA) AND THE DYNAMICS OF LAND USE AND VEGETATION COVER IN THE SANTO ANTÔNIO RIVER BASIN – MS

Abstract: The Anthropic Transformation Index (ITA) has proven to be efficient because, in addition to measuring anthropic pressure on a landscape component, it allows this pressure to be quantified by assessing the specific degree of anthropization. Thus, the Santo Antônio River Basin is undergoing intense processes of landscape fragmentation, with soybeans and pasture advancing over native vegetation and putting pressure on water resources. In an attempt to assess these pressures, this article aims to evaluate the dynamics of land use and vegetation cover in the Santo Antônio River Basin and calculate the ITA to measure its degree of environmental degradation. To this end, images from the Landsat 5 (1986),

¹ Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Faculdade de Ciências Humanas (FCH) – Programa de Pós-graduação em Geografia (PPGG), Dourados/MS, Brasil, email: cleiton.geografo@yahoo.com.br, <https://orcid.org/0000-0003-1928-6769>

² Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Faculdade de Ciências Humanas (FCH) – Programa de Pós-graduação em Geografia (PPGG), Dourados/MS, Brasil, email: rafaelmedeiros@ufgd.edu.br <https://orcid.org/0000-0003-0419-655X>

Landsat 7 (2000) and Landsat 8 (2016) series were used, handled in Spring software, using supervised classification - the Bhattachayara algorithm. In addition, for the 2024 mapping, the MapBiomass method was used, requiring adjustments to the polygons based on images from the CBERS satellite (2024) to update the data. The ITA classified the area as degraded due to the expansion of farming activities during the analysis period and the reduction in vegetation cover. The advance on native forests is notorious and there is a need to propose urgent measures to recover degraded areas, especially in places that show strong erosion and reforestation of native vegetation.

Keywords: Geoprocessing. Landscape fragmentation. Territorial dynamics. Satellite images.

ÍNDICE DE TRANSFORMACIÓN ANTRÓPICA (ITA) Y DINÁMICA DEL USO DEL SUELO Y DE LA COBERTURA VEGETAL EN LA CUENCA DEL RÍO SANTO ANTÔNIO - MS

Resumen: El Índice de Transformación Antrópica (ITA) ha demostrado su eficacia porque, además de medir la presión antrópica sobre un componente del paisaje, permite cuantificar esta presión evaluando el grado específico de antropización. Así, la cuenca del río Santo Antônio está experimentando intensos procesos de fragmentación del paisaje, con el avance de la soja y los pastos sobre la vegetación nativa y la presión sobre los recursos hídricos. En un intento por medir estas presiones, este artículo pretende evaluar la dinámica del uso del suelo y de la cobertura vegetal en la cuenca del río Santo Antônio y calcular el ITA para medir su grado de degradación ambiental. Para ello, se utilizaron imágenes de las series Landsat 5 (1986), Landsat 7 (2000) y Landsat 8 (2016), tratadas en el software Spring, utilizando clasificación supervisada - el algoritmo Bhattachayara. Además, para la cartografía de 2024, se utilizó el método MapBiomass, que requiere ajustes de los polígonos basados en imágenes del satélite CBERS (2024) para actualizar los datos. El ITA utilizó valores porcentuales para cada clase de uso multiplicados por el peso asignado a las alteraciones antropogénicas y divididos por 100, y los valores se clasificaron según niveles jerárquicos. El ITA apuntó a una clasificación como degradada debido a la expansión de las actividades agropecuarias durante el período de análisis y a la reducción de la cobertura vegetal. El avance sobre los bosques nativos es notorio y es necesario proponer medidas urgentes para recuperar las áreas degradadas, especialmente en los lugares donde hay fuertes señales de erosión y reforestación de la vegetación nativa.

Palabras clave: Geoprocесamiento. Fragmentación del paisaje. Dinámica Territorial. Imágenes de Satélite.

Introdução

A Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio (BHRSA) é uma das mais importantes bacias hidrográficas do Alto Paraguai, que deságua no rio Miranda e flui em direção à planície do Pantanal, no estado de Mato Grosso do Sul (MS). Em um contexto local, seus recursos hídricos são utilizados para o abastecimento público de água aos moradores da cidade de Guia Lopes da Laguna (ANA, 2015). No entanto, segundo estudos mais abrangentes (Cinquini; Silva, 2012; Mato Grosso do Sul,

2016), mostram que mais da metade da cobertura vegetal foi reduzida em áreas da bacia do rio Miranda devido ao avanço das atividades agropecuárias, em especial a soja.

De modo geral, essas transformações do uso da terra e da cobertura vegetal na paisagem vêm ocorrendo devido à pressão antrópica exercida sobre os recursos naturais, sob o viés do desenvolvimento econômico (Barros et al., 2013). Essas mudanças, feitas de maneira rápida e sem precauções, consequentemente, dão origem aos principais problemas ambientais, como: redução da cobertura vegetal, degradação dos solos, instauração de processos erosivos, redução da disponibilidade hídrica superficial e subterrânea, ameaça à biodiversidade e conflitos legais com Áreas de Preservação Permanente (APPs) (Bargos; Lago; Ferraz, 2017).

Segundo Dassoller, Miranda e Neves (2018), a intensificação dessa componente pressiona os elementos da natureza, aumenta a pressão exercida sobre as áreas com reservas naturais de vegetação, água e solo, nas quais há mudanças significativas de cobertura vegetal para alguma forma de uso da terra. Além disso, a fragmentação exercida altera os fluxos, processos e dinâmicas naturais da paisagem, inferindo sobre a sua estrutura e funcionamento. Neste contexto, a utilização de indicadores ambientais se tornou um importante instrumento para avaliar o grau de transformações ocorridas na paisagem, como o Índice de Transformação Antrópica (ITA), proposto por Lémechev (1982) e modificado por Mateo (1991).

“Esse índice leva em consideração a área ocupada por cada uso da terra e um peso, que é determinado pelo grau de antropização, atribuído para cada uso” (Ribeiro; Galvani e Paiva, 2017, p. 379). A partir dos resultados desse índice, é possível determinar a pressão antrópica exercida e o estado de degradação em que se encontram áreas como bacias hidrográficas, unidades de conservação, Áreas de Proteção Ambiental (APPs), municípios, entre outras escalas e unidades de estudo.

Neste sentido, técnicas para o mapeamento do uso da terra e da cobertura vegetal em uma escala multitemporal são imprescindíveis, o que torna possível identificar mudanças promovidas na paisagem, que, aliadas ao ITA, permitem mensurar o aumento ou a redução da pressão antrópica sobre determinada área/vegetação.

Os tipos de uso da terra e de cobertura vegetal da superfície terrestre são representados por mapeamentos temáticos que utilizam informações extraídas de produtos de sensoriamento remoto (Kaiser; Filho; Facco, 2018). Para isso, métodos

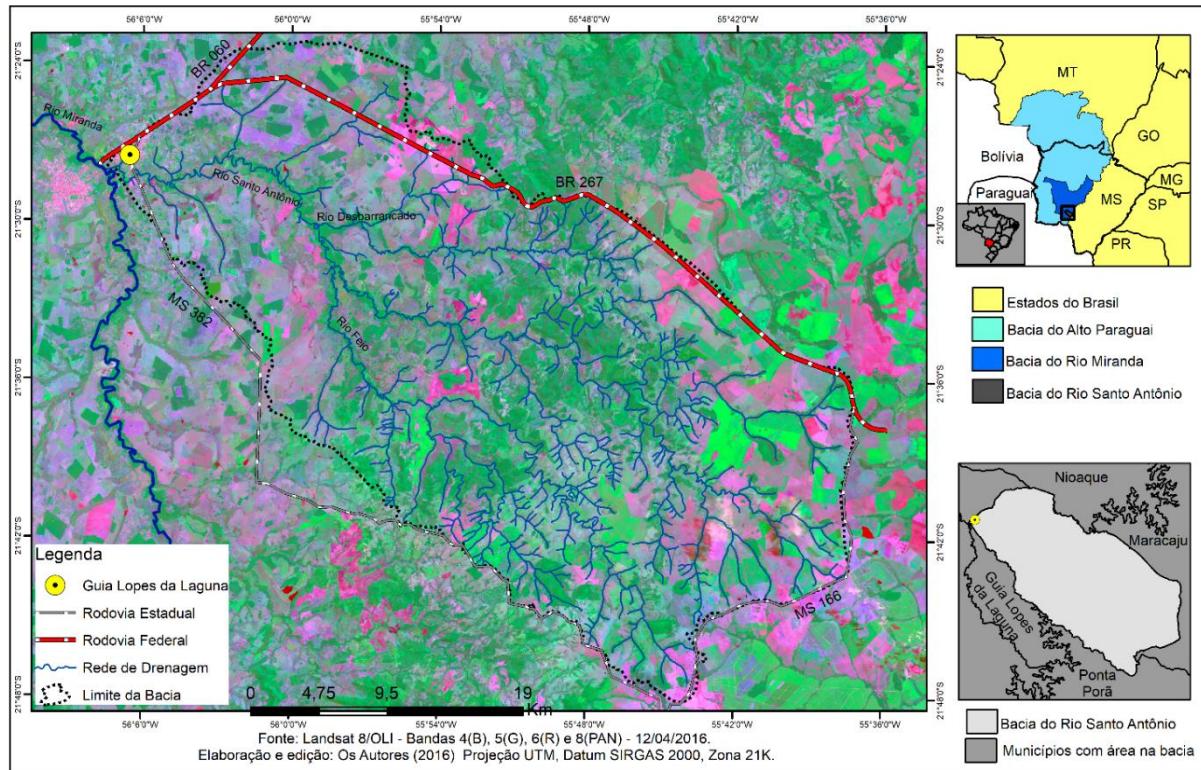
de classificação de imagens de satélite se mostram eficientes para a diferenciação dos tipos de uso da terra (Sousa; Ferreira, 2014). Esse conjunto de ferramentas, que sustentam a base dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), é amplamente utilizado para a elaboração de mapas, cruzamento de informações geoespaciais que subsidiam os gestores no território, fornecendo informações para a conservação dos recursos naturais (Faria; Silva; Camargo, 2018).

Diante desse contexto, este trabalho tem por objetivo avaliar as mudanças ocorridas no uso da terra e na cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio (BHRSA) nos anos de 1986, 2000, 2016 e 2024; e calcular o ITA para mensurar o grau de degradação dessa área. Além disso, identificar problemas ambientais que surgiram a partir das transformações na paisagem, propondo sugestões de um uso racional para a área de estudo.

Caracterização da área de estudo

A BHRSA está localizada na região sudoeste de Mato Grosso do Sul (MS), com área que drena quatro municípios, nos quais apenas Guia Lopes da Laguna tem sua sede municipal inserida parcialmente no interior da bacia, bem como a maior parte da sua extensão territorial (55,08%), seguida de Maracaju (34,07%), Ponta Porã (10,02%) e Nioaque (0,65%).

A bacia tem uma área calculada em aproximadamente 1.202 km², cujo principal canal é o rio Santo Antônio, com 54 km de extensão (Figura 1), que deságua no rio Miranda pela margem direita, próxima à área urbana de Guia Lopes da Laguna. Suas nascentes estão localizadas sobre o planalto Maracaju - Campo Grande, a mais de 600 m de altitude, e sua foz, a 230 m em relação ao nível do mar.

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo.

Segundo dados compilados do projeto RADAM BRASIL, essa área é recoberta por rochas das formações Aquidauana, Botucatu e Serra Geral (Araujo et al., 1982). Apresenta um relevo aplainado nas áreas ao noroeste (0% a 3%), ao centro, áreas com relevo ondulado a fortemente ondulado, com declividade entre 12% e 20%, onde existem colinas e morros de topos convexos, e, na foz, áreas planas suscetíveis a inundação periódica (Abrão et al., 2021; Alvarenga et al., 1982).

Segundo dados da Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Desenvolvimento, Ciência, Tecnologia e Inovação de Mato Grosso do Sul (SEMADESC, 2017), os municípios que compõem a BHRSA são grandes expoentes no estado para a criação de bovinos de corte ou produção de leite, que abastecem indústrias locais e estaduais, como cooperativas de laticínios e frigoríficos. O município de Maracaju é o que se destaca com a maior produção agrícola, com cultivo de soja, milho e cana-de-açúcar, seguidos de Ponta Porã, Nioaque e Guia Lopes da Laguna. Nesse contexto, a economia local gira em torno das indústrias ligadas ao setor do agronegócio (frigoríficos, usina de cana-de-açúcar, cerealistas e adubação) e da rede de comércios ligados ao meio rural.

Materiais e métodos

Processamento e classificação das imagens de satélite

Para a elaboração dos mapas de uso da terra e cobertura vegetal, utilizaram-se imagens Landsat da órbita/ponto 225/7 (Quadro 1). A justificativa para a escolha das datas deve-se à disponibilidade para os períodos, principalmente para o ano de 1986, pois foi o que apresentou menor presença de nuvens. As imagens foram extraídas do site do Serviço Geológico dos Estados Unidos (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). Juntamente com o mapeamento do ano de 2024, adotaram-se duas variáveis: a primeira está relacionada ao uso da Coleção 9 do MapBiomas (<https://brasil.mapbiomas.org/downloads/>), em que se buscaram dados de 2023 (polígonos); e, posteriormente, foi realizada uma adaptação e reclassificação a partir das imagens do CBERS 4 de 2024 (<https://www.dgi.inpe.br/catalogo/>).

Para tanto, a atualização é necessária, pois trazer um mapeamento mais recente contribui para uma discussão atual sobre a pressão e os desmatamentos gerados pelas pastagens e lavouras de soja.

Quadro 1 - Dados de sensoriamento remoto utilizado para o mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal.

Satélite/Sensor	Bandas	Data	Resolução Espacial
Landsat 5/TM	3(B), 4(G) e 5(R)	Abril de 1986	30m
Landsat 7/ETM+	3(B), 4(G), 5(R) e 8 (PAN)	Abril de 2000	30m e 15m
Landsat 8/OLI	4(B), 5(G), 6(R) e 8 (PAN)	Abril de 2016	30m e 15m
CBERS 4	1(B), 2(G), 3(R) e P (PAN)	Dezembro de 2024	2m e 8m

A escolha desta série de dados baseou-se no entendimento de que ela apresenta mudanças identificáveis e comparáveis ao longo dos anos. Foram consideradas imagens de satélite de boa resolução a partir da década de 1980, uma imagem atual (2024) e outras de dois períodos marcados por grandes transformações no estado de Mato Grosso do Sul: a consolidação da pastagem (2000) e o avanço e a consolidação da agricultura (2016).

Os dados foram processados e manipulados em ambiente Spring (Câmara et al., 1996), cujos procedimentos técnico-científicos empregados seguiram o Processamento Digital de Imagens (PDI), descrito em Florenzano (2011; 2002), Jensen (2009), Moreira (2007) e Novo (2010), que consistem em cinco etapas

fundamentais, que são: I) Pré-processamento; II) Realce; III) Segmentação; IV) Classificação; e V) Validação do Mapeamento.

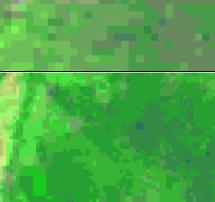
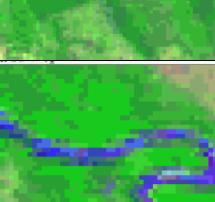
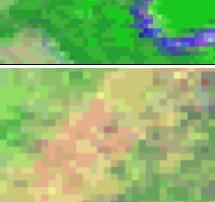
I. Pré-processamento: As imagens foram importadas em formato GeoTIFF e recortadas usando o limite da bacia como máscara. Como os sensores ETM+ e OLI possuem uma banda pancromática com resolução espacial de 15 m, foi realizada a fusão dessa banda com as demais. A fusão baseou-se no método de transformação IHS/RGB, que tem por objetivo melhorar a resolução espacial de 30 m para 15 m. O processo consistiu em reprojetar e ampliar as variações de tonalidade e cor das imagens, aproximando-se da realidade e facilitando a interpretação a partir da intensidade do brilho total (I), matiz do maior comprimento de onda (H) e saturação da cor (S) (Santos; Peluzi; Saito, 2010).

II. Realce: Para melhorar a qualidade visual da imagem e possibilitar a identificação dos alvos para classificação, utilizou-se a técnica de realce linear, que equaliza o histograma, destacando a reflectância dos objetos captados pela imagem.

III. Segmentação: As imagens foram segmentadas em regiões, de acordo com os parâmetros espectrais de seus objetos. No entanto, para agrupar os pixels em regiões homogêneas, foram realizados sucessivos testes de limiar de similaridade e área. Segundo Moreira (2007, p. 93), o limiar de similaridade “é o valor mínimo abaixo do qual duas classes são agrupadas. Já o limiar de área define o número mínimo de pixels a serem considerados da mesma classe temática”. Desse modo, definiu-se o limiar de similaridade e área de 8 e 10 para a cena de 1986, e de 4 e 5 para as cenas de 2000 e 2016. Após essa etapa, iniciou-se a coleta das amostras de cada tema para treinar o classificador (Moreira, 2007). Na sequência, avaliou-se o desempenho do treinamento com os índices de acerto e confusão entre as amostras.

Antes de dar início à etapa de classificação, foi elaborada uma chave de interpretação, contendo as características dos alvos na imagem, descritas no Quadro 2. Foram identificadas cinco classes de uso da terra e cobertura vegetal nos períodos de 1986 e 2000, e seis classes para 2016, com a inclusão da Silvicultura. Para identificar os tipos de cobertura vegetal, foi utilizado como base o mapeamento da fitofisionomia vegetal para o estado de Mato Grosso do Sul, publicado pela EMBRAPA Informática (Campinas-SP) em parceria com o Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul (IMASUL), denominado Projeto GeoMS, na escala de 1:100.000 (Silva et al., 2011). Para a área de estudo, foram identificados quatro tipos de vegetação.

Quadro 2 - Chave de interpretação para as classes mapeadas.

Classe	Forma	Cor	Textura	
	Pastagem	Irregular	Verde claro a rosa claro	Lisa média
	Agricultura	Regular	Verde claro	Lisa
	Silvicultura	Regular	Verde escuro	Lisa média
	Corpos D'gua	Regular	Azul escuro	Lisa
	Área Úmida	Irregular	Amarelo/Verde	Rugosa
	Vegetação de Savana	Irregular	Verde Escuro	Média rugosa
	Savana / Floresta Estacional Decidual Submontana	Irregular	Verde escuro	Média rugosa
	Vegetação Aluvial	Irregular	Verde Claro	Média rugosa
	Vegetação Secundária de Savana	Irregular	Verde Amarelado	Média rugosa

Adaptado de: Florenzano (2002; 2011); Jensen (2009) e Moreira (2007).
Elaboração e Organização: O autor (2016).

I. Classificação: Esta etapa foi realizada de maneira supervisionada, com uso do algoritmo de classificação por região Bhattacharyya que, segundo Jensen (1996), mede a distância de separação estatística entre um par de classes espectrais, calculada através da distância média entre as distribuições de probabilidade dessas classes. O limiar de aceite escolhido foi de 99,9% para que uma amostra pertencesse a uma classe espectral. Depois, as imagens foram convertidas de matriz (raster) para vetor (polígono) e exportadas para o software ArcGIS versão 10.2 (ESRI, 2013), no qual foram realizadas edições vetoriais (ajustes nos polígonos). Foram utilizadas edições cartográficas com cores definidas, conforme procedimentos técnicos descritos no Manual Técnico de Uso da Terra do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013).

II. Validação do Mapeamento: Para avaliar a acurácia dos três mapas de uso da terra e cobertura vegetal, foram coletados 430 pontos amostrais (shapefile), adotados como verdade terrestre nas cenas Landsat 5 e 8. O número total de pontos foi estimado a partir do cálculo amostral com erro de 5% e confiança de 95% (Santos, 2014). Os pontos foram distribuídos aleatoriamente, de acordo com a representatividade da classe temática na área de estudo nos dois períodos mapeados. Os pontos amostrais foram espacializados aleatoriamente no software ArcGIS 10.2 (ESRI, 2013) e convertidos para o formato ASCII Grid no software SPRING. Foram utilizadas as três imagens já classificadas de maneira supervisionada, em formato matricial, convertidas para categoria temática. Após a conversão dos dados, os pontos foram sobrepostos às imagens e associados às classes temáticas, sendo utilizados como referência para a validação estatística no software SPRING.

III. Lembrando que, para o mapeamento de 2024, o uso consistiu nos dados do MapBiomas – Coleção 9, com adaptações e ajustes nas bordas dos polígonos e reclassificações destes, visando a uma atualização da base, utilizando as imagens do satélite CBERS 4.

O cálculo estatístico para os quatro mapas foi realizado por meio do Índice Kappa e organizado em uma matriz de confusão com os seguintes parâmetros estatísticos (Eq. 1). Segundo Colgaton (1991), o uso do coeficiente Kappa (K) é satisfatório na avaliação da precisão de uma classificação temática, pelo fato de levar em consideração toda a matriz de confusão em seu cálculo.

$$\hat{K} = \frac{N \sum_{i=1}^k x_{ii} - \sum_{i=1}^k (x_{i+} \cdot x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^k (x_{i+} \cdot x_{+i})} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde \hat{K} : valor estimado *Kappa*; k : número de linhas; $\sum_{i=1}^k x_{ii}$: soma dos elementos da matriz em sua diagonal principal; x_{i+} : soma total das observações para as linhas; x_{+i} : soma total das observações para as colunas e N : número de observações total.

Os valores obtidos pelo Índice *Kappa* para avaliar a confiabilidade dos mapas foram comparados a parâmetros estabelecidos por Landis e Koch (1977), conforme Quadro 3 a seguir.

Quadro 3 - Níveis de exatidão e avaliação do índice *Kappa*

Índice <i>Kappa</i>	Qualidade
0,0 a 0,2	Ruim
0,2 a 0,4	Razoável
0,4 a 0,6	Bom
0,6 a 0,8	Muito Bom
> 0,8	Excelente

Fonte: Landis e Koch (1977).

Cálculo do ITA

Para calcular o ITA, foram utilizados os valores de área em porcentagem (%) de cada classe de uso da terra e cobertura vegetal, multiplicados pelo peso atribuído quanto às alterações antrópicas e divididos por 100, conforme expresso na equação 02:

Para classificar o nível de pressão antrópica, foram utilizados os níveis propostos por Cruz et al. (1998), onde os valores resultantes indicam: pouco degradado (0 a 2,5); regular (2,5 a 5); degradado (5 a 7,5) e muito degradado (7,5 a 10).

$$\text{ITA} = \Sigma (\% \text{ uso} \times \text{peso}) / 100 \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde:

Uso: área em valores percentuais de cada classe de uso da terra e cobertura vegetal.

Peso: valores atribuídos aos diferentes tipos de uso da terra e cobertura vegetal quanto ao grau de transformação antrópica, variando de 1 a 10, sendo 10 os que indicam as maiores pressões.

Dessa forma, os pesos foram atribuídos pelos autores, que utilizaram a técnica “Delphi”, na qual foi realizada uma consulta a diversos pesquisadores que conhecem a área de estudo e têm domínio na temática de mudanças na paisagem, a fim de chegar a um consenso sobre o grau de antropização (Schwenk; Cruz, 2008). Foi levado em consideração o conhecimento da área de estudo, os elementos da paisagem observados em trabalho de campo e a pressão antrópica que cada tipo de uso da terra exerce sobre os recursos naturais, corroborando também com a metodologia de Mateo (1991), sobre os estudos da modificação da paisagem. Os pesos de cada classe são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Pesos atribuídos as classes temáticas para o cálculo do ITA.

Classes Temáticas	Peso
Pastagem	5,5
Agricultura	9,5
Silvicultura	1
Área Urbana	9,8
Corpos d’água	2
Área Úmida	2
Vegetação de Savana	1
Savana/Floresta Estacional Decidual Submontana	1
Floresta Aluvial	1
Vegetação Secundária de Savana	2

Fonte: Os autores (2024).

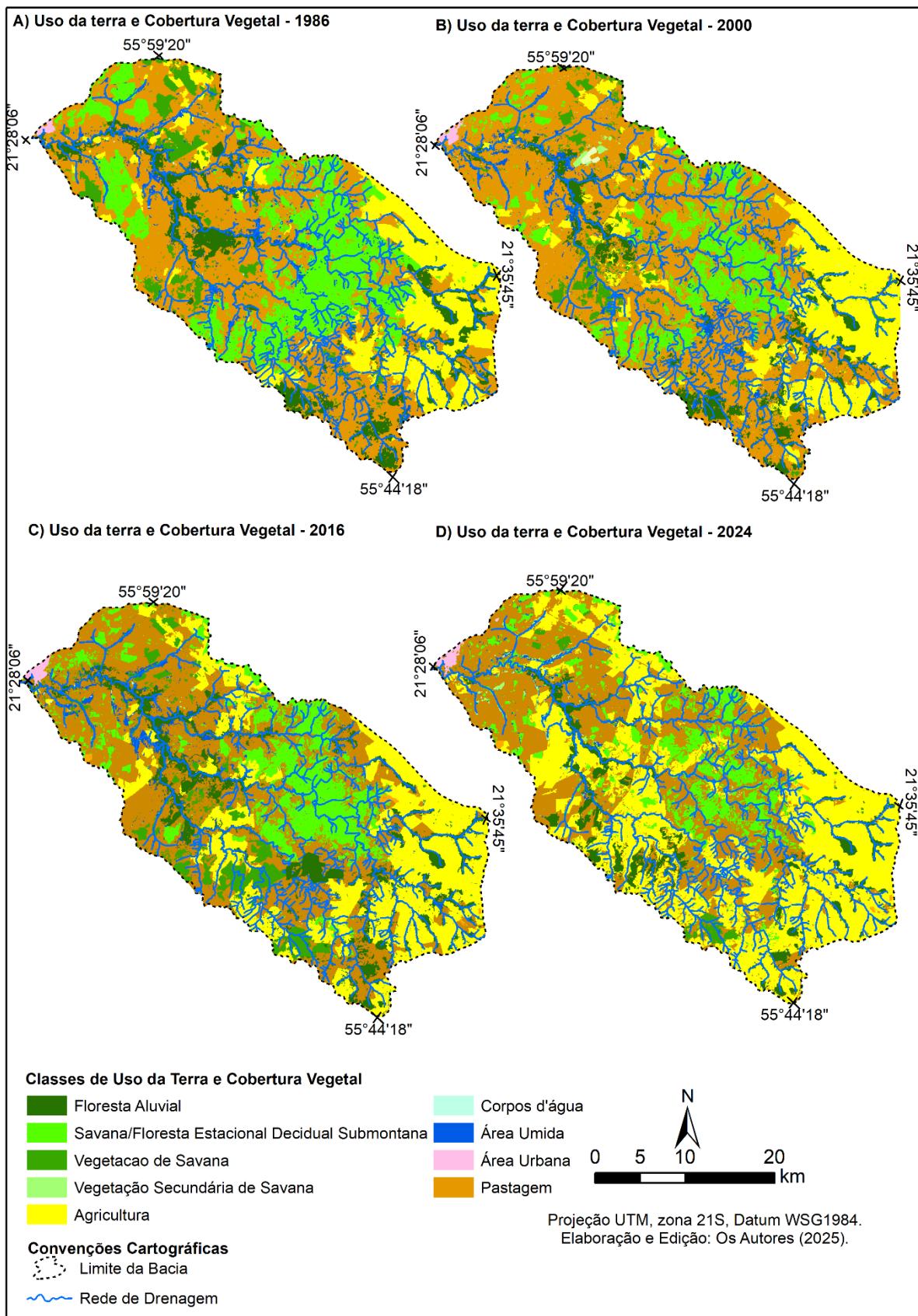
Trabalho de campo

Foram realizados dois trabalhos de campo, um em 2024 para o reconhecimento da área e outro, em 2025, para validar o mapa de uso. Os trabalhos de campo ocorreram nos meses de fevereiro e março de 2024 e 2025, percorrendo a BR-267 em torno da bacia e as áreas de nascentes próximas à MS-166, seguindo em direção à cidade de Guia Lopes da Laguna pela MS-382. Durante o percurso, foram coletados 85 pontos através do receptor GNSS (Global Navigation Satellite Systems) para posterior validação do mapa de uso da terra. Também foram registrados, por meio de fotos digitais, os tipos de uso da terra e cobertura vegetal, assim como os processos erosivos que estão em desenvolvimento na área de estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uso da terra e cobertura vegetal

O mapeamento de uso da terra apresentou nove classes para os anos de 1986 e 2000, e dez classes para os anos de 2016 e 2024, sendo elas: Pastagem, Agricultura, Silvicultura, Área Urbana, Área Úmida e Corpos D'água. Para a cobertura vegetal, foram identificadas quatro classes: Vegetação de Savana, Savana/Floresta Estacional Decidual Submontana, Vegetação Aluvial e Vegetação Secundária de Savana (Figura 2 A, B e C). A validação estatística do mapeamento indicou uma acurácia de 0,66 e 0,72, classificadas como “Muito Bom” em 1986 e 2000, e 0,82 em 2016, o que indica um resultado “Excelente” (Landis; Koch, 1977).

Figura 2 – Mapas de Uso da Terra e Cobertura Vegetal na BHRSA.

A pastagem é a classe de uso que mais abrangeu o território da bacia nos três períodos mapeados, ocupando desde o baixo, médio e alto curso. Essa classe é

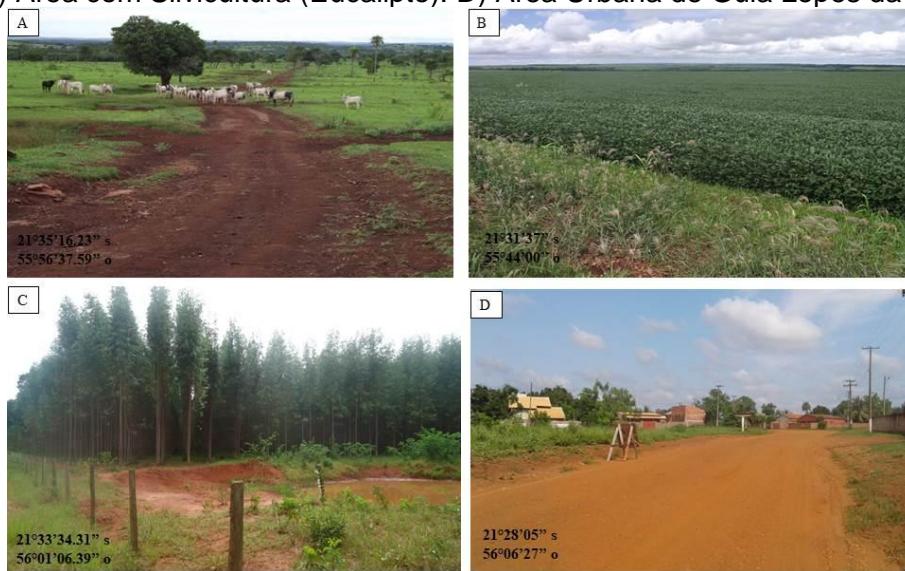
composta por gramíneas nativas e exóticas, principalmente da espécie Braquiária (*Brachiaria decumbens*), utilizada como fonte de alimento para criação de bovinos de corte ou em sistema de pousio (Figura 3A).

Já a agricultura vem se expandindo sobre áreas que antes eram de pastagem. Pelos dados, ocupa a maior parte do médio e alto curso nos períodos de 2000 e 2016, próximas das principais nascentes. Apresenta alto grau de mecanização, com cultivo de culturas cíclicas soja/milho para commodities (Figura 3B). Destaca-se também que foram observados em campo o uso de manejos de proteção e conservação do solo (rotação de cultura, plantio direto), com cultivos cíclicos, com uma safra de verão (soja ou milho) e outra safra de inverno (milho, trigo ou sorgo) (Vilas Boas, Garcia, 2007).

A rotação de culturas é uma técnica que desempenha um papel crucial na sustentabilidade da produção agrícola. O sistema de plantio direto, quando comparado ao sistema de plantio convencional, minimiza a perda do perfil de solo em até cinco vezes mais, quando ocorre eficiência no manejo do sistema. É importante frisar também que o SPD tem máxima eficiência na produção de maciço vegetal em regiões de climas mais quentes, como ocorre nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste do Brasil (Salomão et al., 2020). Ao alternar diferentes tipos de culturas, o solo não fica exposto às intempéries climáticas, o que oferece ao solo um enriquecimento e ajuda a melhorar a estrutura e a capacidade do solo em reter água.

A classe de uso silvicultura corresponde a áreas reflorestadas utilizadas para exploração madeireira, com cultivo de espécies exóticas de eucalipto (*Eucalyptus*). Verificou-se, em trabalho de campo, que existem cultivos de eucalipto (*Eucalyptus*) usados para a recuperação de áreas degradadas que, anteriormente, eram pastagens degradadas (Figura 3C). Esses cultivos também foram encontrados em locais de recomposição da vegetação ao entorno de nascentes. A classe de área urbana compreende apenas a cidade de Guia Lopes da Laguna, situada no baixo curso da bacia (Figura 3D).

Figura 3 - A) Pastagem exótica utilizada para criação de bovinos. **B)** Área cultivada com soja. **C)** Área com Silvicultura (Eucalipto). **D)** Área Urbana de Guia Lopes da Laguna.



Fonte: Os Autores (2024).

As áreas úmidas localizam-se em espaços com presença de água de forma permanente ou temporária, com vegetação típica paludosa, como o capim Rabo de Burro (*Andropogon Condensatus*) (Figura 4A). Já os corpos d'água são formados por reservatórios naturais e artificiais, destinados a represar água de nascentes ou água da chuva utilizada para dessedentação de animais, irrigação de lavouras ou piscicultura (Figura 4B). Identificou-se, entretanto, que muitas áreas úmidas foram represadas, formando grandes reservatórios de água para os mesmos fins. Esse tipo de intervenção altera os processos hidrosedimentológicos dos cursos d'água e impacta a dinâmica fluvial natural da bacia hidrográfica.

Figura 4 – A) Reservatório artificial (açude). **B)** Área Úmida.



Fonte: Os Autores (2024).

Para as classes de cobertura vegetal, foram identificadas vegetação de savana em fragmentos que predominam na área ao lado de áreas já ocupadas por pastagem, localizadas no baixo e médio curso (Figura 5A). São compostas por espécies típicas de savana, com troncos retorcidos e cascas grossas, que

caracterizam essa fitofisionomia ao serem adaptadas a duas estações bem definidas (seca/chuvosa). Em meio a essa vegetação de savana, existem áreas de encrave entre a savana/floresta, representadas pela classe de savana/floresta estacional decidual submontana, com remanescentes de savana situados nos topos de morro e vertentes, e as florestas nos fundos de vale, cada um guardando sua identidade ecológica (Figura 5B).

Próximo aos cursos d'água, foram identificadas vegetações do tipo aluvial, que compreendem áreas de vegetação nativa que se estendem ao longo dos recursos hídricos (Figura 5C), desempenhando a função de protegê-los contra impactos ambientais provenientes de áreas próximas. Por fim, foram identificadas áreas de vegetação secundária de savana, fragmentadas em áreas já ocupadas por pastagem, agricultura ou próximas a estradas e assentamentos rurais (Figura 5D). A vegetação nativa foi retirada em algum momento no passado e houve um processo de recuperação natural (pousio) da vegetação em locais onde se manteve estável por um período, até que as espécies pudessem retomar o seu espaço e se desenvolver novamente.

Figura 5 – A) Vegetação de Savana em meio à área de pastagem. B) Encrave entre Savana na BHRSA. Podem-se observar áreas de relevo suavemente ondulado ao fundo. C) Floresta Aluvial próxima ao rio Santo Antônio. D) Vegetação Secundária de Savana.



Fonte: Os Autores (2024).

Avaliação das mudanças ocorridas na paisagem

A BHRSA passou por um processo intensivo de ocupação nesses 30 anos de avaliação, principalmente por atividades agropecuárias (pastagem/agricultura) e redução da cobertura vegetal, conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2 - Quantificação do uso da terra e cobertura vegetal na BHRSA para os anos de 1986, 2000, 2016 e 2024.

Ano	1986		2000		2016		2024	
Classes	Km ²	Porcentagem (%)						
Pastagem	515,35	42,88	601,36	50,08	540,30	44,95	434,7	36,16
Agricultura	193,85	16,12	211,38	17,58	353,26	29,41	501,5	41,72
Silvicultura	*	*	*	*	3	0,35	3,45	0,29
Área Urbana	1,92	0,15	2,68	0,22	3,8	0,32	3,9	0,32
Corpos d'água	32,79	2,72	35,4	2,94	37,40	3,11	30,9	2,57
Área Úmida	1,09	0,09	2,66	0,22	1,07	0,07	1,7	0,14
Total de uso da terra	745	61,96	853,48	71,04	938,83	78,21	976,15	81,21
Vegetação de Savana	57,59	4,78	50,19	4,04	27,66	2,31	24,5	2,04
Savana/Floresta Estacional Decidual Submontana	270,48	22,5	175,15	14,57	138,71	11,42	110,15	9,16
Floresta Aluvial	128,88	10,72	120,17	9,99	96,47	8,03	90,7	7,55
Vegetação Secundária de Savana	0,05	0,04	3,01	0,25	0,33	0,03	0,5	0,04
Total de cobertura vegetal	457	38,04	348,52	28,96	263,17	21,79	225,85	18,79
Total	1.202	100	1.202	100	1.202	100	1.202	100

* Classe de uso da terra não mapeada para o período.

Elaboração e Organização: Os Autores (2024).

A pastagem se mostrou expressiva nos quatro períodos analisados e, em 2024, ocupa 36,95% da área, pois a pecuária de corte é a principal atividade econômica nessa região. A agricultura é a classe de uso da terra que mais se expandiu de 1986 a 2024, ocupando 41,72% devido ao ganho de preço que culturas como a soja e o milho obtiveram nos últimos tempos. A classe de área urbana dobrou de tamanho de 1986, com 0,15%, e, em 2024, apresenta 0,32% da área.

A classe de corpos d'água também teve uma pequena redução nesse período, de 2,72% em 1986 para 2,57% em 2024, associada ao represamento de córregos ou nascentes, que são usados para dessedentação de animais. Por outro lado, as áreas úmidas apresentaram uma pequena redução, apresentando atualmente 0,14%, visto que muitas dessas áreas são drenadas para se tornarem aptas ao uso para agricultura ou criação de bovinos. Ressalta-se também que o mês (abril) em que as imagens foram capturadas é um período de transição entre o período chuvoso e o seco nessa área, e isso pode ter influenciado nesses resultados.

Entre as classes de cobertura vegetal, a que mais recuou foi a savana/floresta estacional decidual submontana, que, em 1986, ocupava 22,5% da área e, em 2024, remanesce com 9,16%, resultando numa redução de 13,34% de sua área. Em seguida, aparecem as áreas de vegetação de savana, que, em 1986, tinham 4,78% e, em 2024, apresentaram 2,04%, reduzindo pela metade sua área. As áreas de vegetação aluvial apresentaram uma redução de 3,17%, o que demonstra uma certa preocupação, pois essas áreas são fundamentais na proteção dos recursos hídricos. Boa parte dessa vegetação compreende as APPs, que são protegidas por lei e devem ser mantidas em locais como entorno de nascentes, rios, reservatórios naturais e artificiais e encostas íngremes.

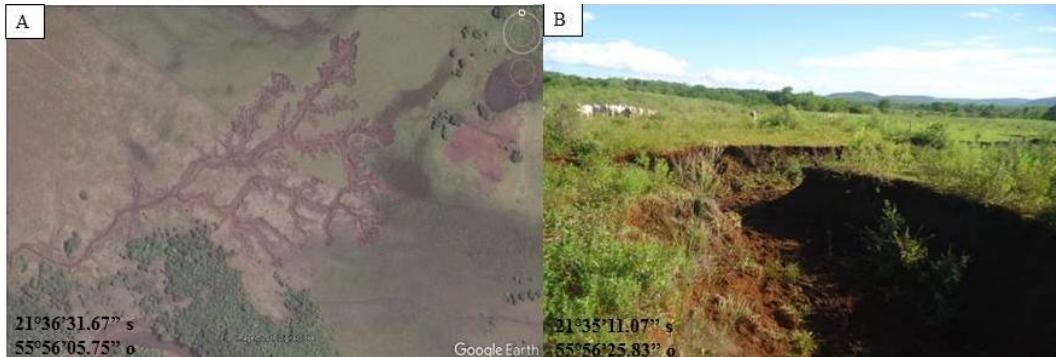
Em contrapartida, verificou-se o crescimento dos tipos de uso entre 1986 e 2024, sobretudo pela conversão de áreas de pastagens para agricultura. Resultados semelhantes foram encontrados por Dassoler, Miranda e Neves (2018), que também identificaram aumento das áreas de pastagem e agricultura e redução da cobertura vegetal em sua área de estudo, bem como a diminuição das áreas de savana e florestas.

Segundo Botelho e Silva (2011), a conversão de florestas nativas para a implantação de pastagens exóticas causa graves impactos aos recursos naturais e à

biodiversidade que depende desses recursos. Inicialmente, ocorre a redução da proteção do solo contra os impactos causados pelas gotículas de chuva, visto que a interceptação da água pelas florestas é o principal efeito de proteção, desempenhando um papel similar ao de "guarda-chuva", além de fornecer matéria orgânica que protege a remoção das partículas do solo (Guerra, 2012).

Em solos com maior propensão à erosividade, como Neossolos Regolíticos, Litólicos e Cambissolos Háplicos (EMBRAPA, 2009) presentes na área de estudo, foram identificadas grandes ravinas e voçorocas, conforme pode ser observado nas imagens de alta resolução espacial (Figura 6A) e registrado em trabalho de campo (Figura 6B), principalmente em áreas próximas aos cursos d'água, que os proprietários utilizam para dessedentação dos animais, pois essas áreas não estão isoladas como deveriam.

Figura 6 – A) Ravina em estágio avançado. **B)** Ravina em área de pastagem com presença de bovinos.



Fonte: Os Autores (2024).

As áreas agrícolas que se expandiram do alto curso para o médio e baixo curso ocuparam locais de encostas de morros ou próximos aos cursos d'água, antes com vegetação do tipo savana/floresta estacional decidual submontana, que protegiam essas áreas, principalmente contra a erosão dos solos. Nessas áreas, são comuns solos frágeis, como Neossolos e Cambissolos, que são facilmente erodidos (Oliveira et al., 2012; Neves et al., 2011), pois são solos rasos com horizontes pouco desenvolvidos e facilmente removidos pelo escoamento superficial. Além disso, há uma expansão da agricultura para áreas de nascentes próximas aos divisores de água da bacia, que estão perdendo sua vegetação nativa do tipo savana para a implantação da cultura da soja (Figura 7A e B).

Figura 7 – A) Área de Savana desmatada para o plantio de soja. **B)** Plantação de soja próxima às áreas de nascentes em áreas de relevo suave ondulado.



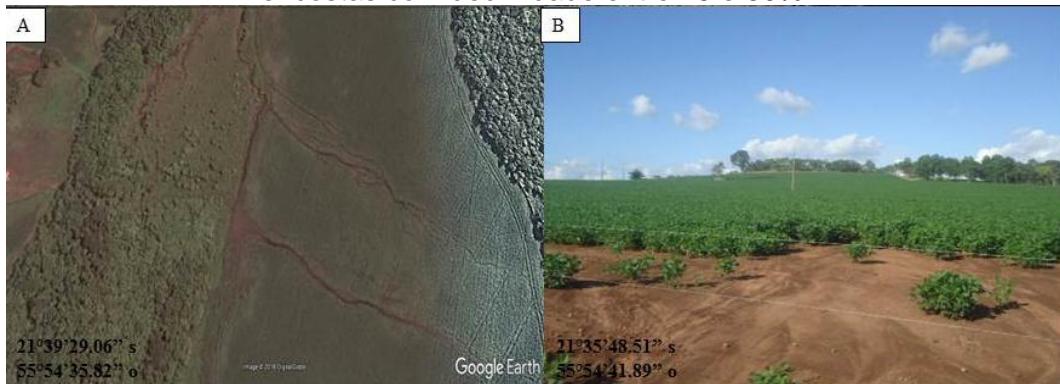
Fonte: Os Autores (2024).

Observou-se que, atualmente, as novas áreas de agricultura são praticadas de maneira convencional, ou seja, não adotam medidas conservacionistas, principalmente o plantio direto, que evita a exposição do solo aos impactos da chuva, mantendo-o coberto com matéria orgânica, protegendo contra a ação erosiva por grande parte do ano.

Com o auxílio de imagens de alta resolução do Google Earth e visitas a campo, foi possível observar incisões sobre as encostas com forte declividade, conforme a Figura 8A. Segundo Guerra (2012), o desmatamento e o uso agrícola intensivo aceleram a formação de processos erosivos, como, por exemplo, as ravinas, que se iniciam na base das encostas e vão recuando em direção ao topo, com a formação de canais efêmeros que passam a escoar água durante os períodos de chuva.

Essas áreas apresentam um nível de declividade entre 15% e 30% (Abrão, 2016), sendo consideradas suscetíveis à erosão por escoamento superficial em épocas de forte precipitação (Figura 8B). Conforme proposto pela classificação de Lepsch (2002) e adaptada no trabalho de Brugnolli et al. (2016), é completamente restrito o uso agrícola de áreas com declividade acima de 12%, que devem manter a cobertura vegetal, pois é eminente o risco de perda de solos nessas áreas.

Figura 8 – A) Incisões de ravinadas avançando para o topo da encosta em áreas de agricultura praticada em locais com forte declividade. **B)** Lavoura de soja cultivada em encostas com declividade entre 15 e 30%.



Fonte: Os Autores (2024).

Segundo Bortoleti Junior et al. (2015), a principal característica do sistema de plantio direto é que ele evita a mobilização do solo, ou seja, o solo não precisa ser arado ou gradeado para a semeadura, o que diminui as perdas de solo e o surgimento de processos erosivos. Segundo Silva e De Maria (2011), as taxas de perdas de solo são muito menores nas áreas agrícolas que adotam a técnica de plantio direto na palha, além de manter a água por mais tempo no solo, mantendo-o sempre úmido, bem como a reposição dos nutrientes devido à grande presença de matéria orgânica.

Em se tratando de perdas de solo e nutrientes em áreas agrícolas, Leite et al. (2009) constatou que essa ação depende do tipo de manejo agrícola (convencional, conservacionista, plantio em nível, plantio morro abaixo) em áreas com declividade acentuada, bem como do tipo e das características físicas do solo. Fato este corroborado por Carvalho et al. (2009) ao estimar as perdas de solo em áreas com diferentes desniveis, comprovando que áreas com técnicas conservacionistas apresentaram menores valores de perdas de solo (cerca de 1.862,2 kg ha⁻¹) que mantêm algum tipo de cobertura sobre o solo.

Em experimento realizado por Passos et al. (2015) comparando o sistema de plantio convencional e plantio direto, foi revelado um aumento significativo de produtividade em áreas que consolidaram o plantio direto como prática de manejo de proteção do solo, e que, ao longo do tempo, houve uma melhora na qualidade física, química e biológica do solo. Entretanto, uma das desvantagens do sistema de plantio direto, que pode justificar o não uso dessa prática por alguns produtores é o aumento da incidência de pragas, maior gasto com agrotóxicos, principalmente

herbicidas para controle de ervas daninhas, e menor taxa de germinação das sementes nos períodos úmidos (Bortoleti Junior et al., 2015).

Além disso, essas áreas, por apresentarem alta declividade e não serem usadas com práticas de conservação, têm maiores chances de perder a camada de material orgânico, o que diminui a fertilidade natural do solo e reduz sua profundidade devido à ausência de manejos de controle do escoamento superficial (Carvalho et al., 2009). Esses sedimentos são transportados para áreas mais baixas do relevo, onde estão os cursos d'água, e, junto com os resíduos químicos de agrotóxicos e adubos, vão se acumulando no leito dos rios, causando seu assoreamento, além de ocorrer a contaminação da água pelos agentes químicos (Mendonça; Marques, 2011; Vilas Boas; Garcias, 2007).

Índice de Transformação Antrópica (ITA)

Com as mudanças apresentadas no uso da terra e cobertura vegetal da paisagem na BHRSA, os resultados do ITA (Tabela 3), apontam que o estado de pressão antrópica da BHRSA aumentou de regular para degradado no período analisado.

Tabela 3 - Valores do ITA para a BHRSA.

Classes Temáticas	1986	2000	2016	2024
Pastagem	2,35	2,75	2,47	1,98
Agricultura	1,53	1,67	2,79	3,96
Silvicultura	*	*	0,35	0,35
Área Urbana	0,01	0,02	0,03	0,00
Corpos d'água	0,05	0,05	0,06	0,05
Área Úmida	0,18	0,44	0,14	0,00
Vegetação de Savana	0,04	0,04	0,02	0,02
Savana/Floresta Estacional Decidual Submontana	0,22	0,14	0,11	0,09
Floresta Aluvial	0,10	0,09	0,08	0,07
Vegetação Secundária de Savana	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	4,48	5,20	6,05	6,52

Fonte: Os Autores (2024).

Entre as classes que causaram essa mudança de estado, está a agricultura, classe de uso que mais se expandiu na área, ocupando locais antes de pastagem ou vegetação nativa. Resultados semelhantes foram encontrados por Pérez e Carvalho (2012), nos quais a agricultura também foi uma das classes responsáveis pelo aumento do ITA em uma microbacia de São Paulo, pois essa atividade é uma das

que mais causam transformações na paisagem e impactos aos recursos naturais, como desmatamento, erosão do solo e instauração de processos erosivos.

O índice da pastagem teve um aumento de 1986 para 2000 e uma diminuição em 2016 e 2024, mantendo-se em 1,98. Esse resultado pode ser explicado pela conversão de áreas de pastagem para agricultura de 2000 até 2024. No trabalho de Dassoller, Miranda e Neves (2018), a pastagem foi a principal responsável pelo aumento dos valores do ITA, bem como pela redução da cobertura vegetal, atrelada à expansão da pecuária de corte, considerada uma atividade de baixo custo de produção. O crescimento da área urbana refletiu sobre o aumento do índice de transformação, sendo que essa classe recebeu o maior peso para o cálculo do ITA. As áreas úmidas oscilaram, com aumento em 2000 e uma queda em 2024, devido à variação de abrangência em área nos períodos analisados. Já os corpos d'água mantiveram estabilidade no período avaliado.

Entre as classes de vegetação, percebeu-se o contrário, uma redução nos índices, associada à sua redução em área na bacia. A classe que mais teve redução foi a de encrave Savana/Floresta Estacional Decidual Submontana, que reduziu pela metade, de 0,22 para 0,09. Isso se deve à sua redução em área na bacia, causada pelo desmatamento e implantação de pastagem ou agricultura. A vegetação de Savana também reduziu de 0,04 (1986 e 2000) para praticamente 0,00 (2024), também reflexo da conversão dessas áreas para outras classes de uso. O mesmo acontece com o índice da vegetação aluvial, que vem sendo reduzido durante esses períodos, e a vegetação secundária de savana se manteve nula. Segundo Ribeiro, Galvanin e Paiva (2017), a presença de áreas com vegetação nativa influencia na redução do estado de degradação de determinadas áreas, conservando os recursos naturais e a biodiversidade local.

De modo geral, o ITA total subiu de 4,48 em 1986 para 6,52 em 2024, aumentando 2,04 e mudando o estado de pressão antrópica exercida nessa bacia de regular para degradado. Os principais fatores responsáveis pelo aumento do ITA estão relacionados com o predomínio da pastagem sobre essa bacia e o aumento das áreas agrícolas nos últimos anos e, consequentemente, a redução das áreas de cobertura vegetal. No cenário atual, é necessário que medidas sejam propostas para recuperação das áreas que estão degradadas e conservação da cobertura vegetal nativa. Um dos danos mais sérios observados nessa bacia são as áreas que apresentam ravinas e voçorocas, que, caso não controladas, podem causar grandes

problemas ambientais, econômicos e sociais para toda a comunidade que depende dos recursos naturais desta bacia.

Considerações finais

Pode-se observar, pelos resultados, que a BHRSA passou por grandes transformações no uso de suas áreas, principalmente por atividades ligadas ao setor agropecuário, o que fez aumentar o ITA dessa bacia, sendo classificada como degradada. Mais da metade de sua cobertura vegetal encontra-se suprimida. Esta situação tende a se agravar futuramente e a aumentar os valores do ITA, pois a classe de agricultura continua a crescer e ocupar novos espaços, especialmente em áreas que eram ocupadas pela pastagem no passado. A agricultura requer muita cautela, pois está avançando sobre encostas com alta declividade, muito propensas a sofrer erosão e perdas de solo.

Sendo assim, é de grande relevância a adoção das práticas de conservação dos solos em todas as áreas que têm a agricultura como uso, principalmente a técnica de plantio direto, que reduz mais da metade as perdas de solo, nutrientes e água. Nas áreas de pastagem, foram observados processos erosivos em estágio avançado, como voçorocas que estão evoluindo, causadas principalmente pelo pisoteio do gado. Nessas áreas, são recomendadas técnicas mecânicas e edáficas (revegetação) para controlar esses processos erosivos e o isolamento dessa área para que o gado não tenha mais acesso a ela.

Nota-se que a metodologia foi satisfatória para aquilo que foi proposto inicialmente neste artigo. Contudo, é necessário apontar que há fragilidades quando são adotados períodos distintos durante os anos analisados, pois as mudanças na vegetação, assinatura espectral das imagens e umidade tornam-se problemáticas quando não são adotadas e compreendidas. É necessário, de fato, adotar essa metodologia em imagens do mesmo satélite, períodos próximos e, se possível, nas mesmas bandas. Caso não seja possível por falta de imagens, utilizar satélites que tenham a mesma resolução espacial, para que não haja mudanças nos pixels e, consequentemente, no resultado final.

Entendidos esses problemas, a metodologia é fundamental para uma avaliação espaço-temporal, bem como para as transformações na paisagem ao longo do tempo na área de estudo. Os produtos cartográficos elaborados permitiram avaliar as mudanças ocorridas no período avaliado e servirão de subsídio ao

zoneamento ambiental, com vista ao ordenamento territorial da BHRSA, sendo essa a principal contribuição a ser feita futuramente.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de Doutorado junto ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD).

REFERÊNCIAS

ABRÃO, C. M. R. **Diagnóstico da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, MS como subsídio ao planejamento ambiental.** Dissertação (Mestrado em Geografia) — Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, 2016. 99 f.

ABRÃO, C. M. R.; BEREZUK, A. G.; SOARES FILHO, A.; ASSIS JÚNIOR, G. A. de. Caracterização físico-ambiental da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio. **Revista Entre Lugar**, v. 12, n. 24, p. 98-125, 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Página Inicial.** (2015). Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 10 jun. 2015.

ALVAREGA, S. M.; BRASIL, A. E.; DEL'ARCO, D. M. **Geomorfologia.** In: BRASIL: Ministério de Minas e Energia, Secretaria Geral. Projeto Radambrasil. Folha SF 21 Campo Grande; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1982. p. 125-184.

ARAÚJO, H. J. de et al. **Geologia.** In: BRASIL: Ministério de Minas e Energia, Secretaria Geral. Projeto Radambrasil. Folha SF 21 Campo Grande; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1982. p. 23-124.

BARGOS, D. C.; LAGO, G. M. T. do.; FERRAZ, F. Geotecnologias aplicadas ao mapeamento e classificação das formas de uso da terra nas Áreas de Preservação Permanente da Microrácia do Ribeirão dos Passos (Lorena-SP). **Caminhos de Geografia**, v. 18, n. 64, 2017. p. 47-59.

BARROS, K. de O.; MARCATTI, G. E.; COSTA, F. R.; OLIVEIRA, J. de C.; RIBEIRO, C. A. A. S.; SOARES, V. P.; SILVA, E. Análise temporal das classes de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Rio Vieira, Montes Claros, Minas Gerais. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 5, n. 2, caderno I, p. 43-54, ago. 2013.

BORTOLETI JUNIOR, A.; GONÇALVES, L. G.; RIBEIRO, M. A. R.; AFONSO, R. de O.; SANTOS, R. F. dos.; SOUZA, C. S. da. A importância do plantio direto e do plantio convencional e as suas relações com o manejo e conservação do solo. **Revista Conexão Eletrônica**, v. 12, n. 1, 2015.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. **Bacia hidrográfica e qualidade ambiental.** In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. Reflexões sobre a geografia física no Brasil. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 153-192.

BRASIL. **Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB).** Estimativa da safra 2016/2017. Brasília, 2017.

BRASIL. **Lei n.º 12.651 de 25 de maio de 2012.** Código florestal brasileiro: promulgado em 25 de maio de 2012. Revoga a Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965. Brasília, 2012. 34 p.

- CÂMARA, G.; DAVIS, C. **Introdução.** In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. Introdução à ciência da geoinformação. São José dos Campos: INPE, 2001. p. 1-6.
- CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. C. P. SPRING: integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, v. 20, 1996. p. 395-403.
- CARVALHO, D. F. de.; CRUZ, E. S. da.; PINTO, M. F.; SILVA, L. D. B.; GUERRA, J. G. M. Características da chuva e perdas por erosão sob diferentes práticas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 1, p. 3-9, 2009.
- CINQUINI, J. de A.; SILVA, J. dos S. V. da. **Quantificação da cobertura vegetal e uso da terra na bacia hidrográfica do rio Miranda/MS.** In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS DO PANTANAL, 4., Bonito, 2012. Anais... p. 345-353.
- CONGALTON, R. G. A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data. **Remote Sens. Environ.**, v. 47, 1991. p. 35-46.
- CORONEL, D. A.; ALVES, F. D.; SANTOS, N. P. dos. **A competitividade da produção de soja no Mato Grosso do Sul e na região de Ponta Porã:** uma abordagem através das vantagens comparativas. In: CONGRESSO DA SOBER, 45. Conhecimentos para a agricultura do futuro. Londrina-PR, 2007. p. 1-16.
- COUTINHO, L. M.; ZANETTI, S. S.; CECÍLIO, R. A.; GARCIA, G. de O.; XAVIER, A. C. Usos da terra e áreas de preservação permanente (APP) na bacia do Rio da Prata, Castelo-ES. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 4, p. 425-434, 2013.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; FILHO, P. H.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao Zoneamento Ecológico Econômico e ao ordenamento territorial.** São José dos Campos: INPE, 2001. 103 p.
- CRUZ, C. B. M.; TEIXEIRA, A. J. A.; BARROS, R. S.; ARGENTO, M. S. F.; MAYR, L. M.; MENEZES, P. M. L. **Carga antrópica da bacia hidrográfica da Baía de Guanabara.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 9., 1998, Santos, Brasil. Anais... INPE, 1998. p. 99-109.
- CUNHA, E. R. da; BACANI, V. M. **Geoprocessamento e SIG aplicado na identificação dos conflitos de uso da terra e legislação ambiental na bacia hidrográfica do córrego Indaiá, Aquidauana-MS.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17., 2015, João Pessoa-PB. Anais... p. 842-849.
- DASSOLER, T. F.; MIRANDA, M. R. da S.; NEVES, S. M. A. da S. Dinâmica espaço-temporal da paisagem de Mirassol D'Oeste/Mato Grosso, Brasil. **Geosul**, v. 33, n. 67, 2018. p. 162-180.
- EARTH EXPLORER USGS. **Science for a Changing World.** Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 14 abr. 2014.
- ESRI. **Environmental Systems Research Institute.** ArcGIS 10.2. Copyright ESRI Inc., 2013.
- FARIA, E.; SILVA, J. R.; CAMARGO, P. L. T. de. Mapeamento do uso e ocupação da terra de Santo Antônio do Monte – MG através de técnicas de geoprocessamento ao longo de 35 anos. **Caminhos de Geografia**, v. 19, n. 66, 2018. p. 203-217.
- FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais.** São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 97 p.
- FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto.** 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 128 p.

GUERRA, A. J. T. **Processos erosivos nas encostas.** In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 11. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. p. 149-209.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário: resultados preliminares.** Rio de Janeiro: IBGE, 2006. 146 p.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades.** 2024. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>. Acesso em: 16 mar. 2015.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de uso da terra.** 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 171 p.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapeamento das unidades territoriais.** 2014.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres.** Tradução: José Carlos Neves Ephiphonio et al. São José dos Campos: Parênteses, 2009. 599 p.

KAISER, E. A.; PEREIRA FILHO, W.; FACCIO, D. S. Sensoriamento remoto aplicado à análise da dinâmica agropecuária no município de Santo Cristo, RS. **Caminhos de Geografia**, v. 18, n. 66, 2018. p. 218-227.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, n. 1, 1977. p. 159-174.

LEITE, M. H. S.; COUTO, E. G.; AMORIM, R. S. S.; COSTA, E. L. da; MARASCHIN, L. Perdas de solo e nutrientes num Latossolo Vermelho-Amarelo Ácrico típico, com diferentes sistemas de preparo e sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 33, p. 689-699, 2009.

LÉMECHEV, T. On hydrological heterogeneity, catchment morphology and catchment response. **Journal of Hydrology**, v. 100, p. 357-375, 1982.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos.** 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos.** São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

LIMA, W. de L. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas.** Piracicaba: USP, 2008. 253 p.

MARTINS, S. V. **Recuperação de matas ciliares.** 2. ed. Viçosa, MG: CPT, 2007. 255 p.

MATEO, J. **Geoecología de los paisajes.** Mérida: Edit. ULA, Monografía, 1991.

MATO GROSSO DO SUL. **Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio Miranda.** Campo Grande, 2016. 406 p.

MATO GROSSO DO SUL. **Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral. Macrozoneamento geoambiental do Estado de Mato Grosso do Sul.** Campo Grande: SEPLAN, 1989. 242 p.

MEDEIROS, R. B.; PINTO, A. L.; MIGUEL, A. E. S.; GOMES, W. M. Procedimentos metodológicos para a análise da erosividade em bacias hidrográficas: um estudo de caso da bacia hidrográfica do córrego Moeda, Três Lagoas/MS. **Revista da ANPEGE**, v. 12, n. 19, 2016. p. 328-362.

MENDONÇA, F.; MARQUES, G. S. Degradação ambiental e qualidade da água em bacia hidrográfica de abastecimento público: Rio Timbú – PR. **Entre Lugar**, v. 2, n. 3, p. 111-136, 2011.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação.** 3. ed., 1. reimpr. Ed. da UFV, 2007. 320 p.

NEVES, S. M. A. da S.; MOTINHO, M. C.; NEVES, R. J.; SOARES, E. R. C. Estimativa da perda de solo por erosão hídrica na bacia hidrográfica do rio Jauru/MT. **Revista Sociedade & Natureza**, v. 23, n. 3, p. 423-434, 2011.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações.** 4. ed. São Paulo: Blucher, 2010. 387 p.

OLIVEIRA, R. G.; BACANI, V. M.; SILVA, V. R.; CUNHA, E. R.; FERREIRA, E. M. Análise da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do córrego São João-MS utilizando geoprocessamento. **Revista Brasileira de Cartografia**, 1(64), p. 15-24, 2012.

PASSOS, A. M. A. dos; REZENDE, P. M. de; REIS, W. P.; BOTREL, É. P. Cultivares de soja em sucessão ao trigo nos sistemas convencional e plantio direto. **Revista Agrariam**, v. 8, n. 27, p. 30-38, 2015.

PERÉZ, D. J.; CARVALHO, S. L. de. Aplicação de dois indicadores ambientais para quantificação da antropização na Microrregião do Córrego do Ipê (SP) – Brasil. **Revista de Ciências Agrícolas**, v. 29, n. 2, p. 93-107, 2012.

RIBEIRO, H. V.; GALVANIN, E. A. dos S.; PAIVA, M. M. Análise das pressões antrópicas na bacia Paraguai/Jauquara-Mato Grosso. **Ciência e Natureza**, v. 39, n. 2, p. 378-389, 2017.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. **Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares.** In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO-FILHO, H. de F. (Org.). Matas ciliares: conservação e recuperação. 2. ed., 2. reimpressão. São Paulo: Fapesp, 2009. p. 235-247.

SALOMÃO, P. E. A.; KRIEBEL, W.; SANTOS, A. A. dos; MARTINS, A. C. E. The importance of straw no-tillage system for soil restructuring and organic matter restoration. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 1, p. e154911870, 2020.

SANTOS, A. R. dos; PELUZIO, T. M. de O.; SAITO, N. S. **SPRING 5.1.2:** passo a passo: aplicações práticas. Alegre, Espírito Santo: Caufes, 2010. 153 p.

SANTOS, G. E. de O. **Cálculo amostral:** calculadora on-line. Disponível em: <http://www.calculoamostral.vai.la>. Acesso em: 13 jun. 2014.

SCHWENK, L. M.; CRUZ, C. B. M. Conflitos socioeconômico-ambientais relativos ao avanço do cultivo da soja em áreas de influência dos eixos de integração e desenvolvimento no Estado de Mato Grosso. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, p. 501-511, 2008.

SEMADESC. Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Desenvolvimento, Ciência, Tecnologia e Inovação do Mato Grosso do Sul. **Página Inicial.** Disponível em: <http://www.semade.ms.gov.br/a-secretaria/>. Acesso em: 09 jul. 2023.

SILVA, J. dos S. V. da; SANTOS, R. F. dos. **Estratégia metodológica para zoneamento ambiental: a experiência aplicada na bacia hidrográfica do Alto rio Taquari.** Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2011. 329 p.

SILVA, J. S. V.; POTT, A.; ABDON, M. M.; POTT, V. J.; SANTOS, K. R. **Projeto GeoMS:** Cobertura vegetal e uso da terra do Estado de Mato Grosso do Sul. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2011. 64 p.

SILVA, R. L. E.; DE MARIA, I. C. de. **Erosão em sistema plantio direto:** influência do comprimento da rampa e da direção de semeadura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 6, p. 554-561, 2011.

SISLA/IMASUL. Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental. **Página Inicial**. 2024. Disponível em: http://sisla.imasul.ms.gov.br/sisla/pagina_inicial. Acesso em: 05 jun. 2014.

SOUZA, S. B. de; FERREIRA, L. G. Mapeamento da cobertura e uso da terra: uma abordagem utilizando dados de sensoriamento remoto óptico multitemporais e provenientes de múltiplas plataformas. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 66/2, p. 321-336, 2014.

VILAS BOAS, A. A.; GARCIA, D. F. B. **Plantio direto nas culturas de milho e soja no município do Chapadão do Céu-Go e os impactos para o meio ambiente**. In: CONGRESSO DA “SOBER” CONHECIMENTOS PARA AGRICULTURA DO FUTURO, 45., 2007, Londrina-PR. Anais... p. 1-21.

NOTAS DE AUTOR

CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA

Cleiton Messias Rodrigues Abrão - Concepção. Coleta de dados, Análise de dados, Elaboração do manuscrito.

Rafael Brugnolli Medeiros – Participação ativa da discussão dos resultados e Revisão e aprovação da versão final do trabalho.

FINANCIAMENTO

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

CONSENTIMENTO DE USO DE IMAGEM

Não se aplica.

APROVAÇÃO DE COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Não se aplica.

CONFLITO DE INTERESSES

Não se aplica.

LICENÇA DE USO

Este artigo está licenciado sob a [Licença Creative Commons CC-BY](#). Com essa licença você pode compartilhar, adaptar, criar para qualquer fim, desde que atribua a autoria da obra.

HISTÓRICO

Recebido em: 14-07-2024

Aprovado em: 12-11-2025