

AS BACIAS HIDROGRÁFICAS CÊNICAS DOS RIOS DA PRATA, FORMOSO E PEIXE: DINÂMICAS TERRITORIAIS, CONSERVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE NA FAIXA DE FRONTEIRA DE MATO GROSSO DO SUL

THE SCENIC WATERSHEDS OF THE PRATA, FORMOSO, AND PEIXE RIVERS: TERRITORIAL DYNAMICS, CONSERVATION, AND SUSTAINABILITY IN THE MATO GROSSO DO SUL BORDER REGION

LAS CUENAS HIDROGRÁFICAS ESCÉNICAS DE LOS RÍOS DE LA PRATA, FORMOSO Y PEIXE: DINÁMICAS TERRITORIALES, CONSERVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD EN LA FRANJA FRONTERIZA DE MATO GROSSO DO SUL

DOI 10.55028/geop.v20i38

Rafael Brugnolli Medeiros*
Charlei Aparecido da Silva**

Resumo: Este trabalho analisa o processo de uso e ocupação das bacias cênicas dos rios da Prata, Formoso e Peixe (MS), inseridas em ambiente cárstico de elevada fragilidade ambiental e na faixa de fronteira. A metodologia baseou-se no estudo do binômio território-paisagem, fez uso de técnicas de cartografia, análise multitemporal e sensoriamento remoto. Os resultados demonstram uma substituição da vegetação nativa por monoculturas e pastagens, turvamento dos rios e expansão da mineração, afetando a estrutura e função dos sistemas cársticos. Tais elementos apontam para a urgência de estratégias em um cenário atual de mudanças climáticas e crises hídricas.

Palavras-chave: Paisagem cárstica, uso e cobertura das terras, planejamento ambiental, geoprocessamento.

Introdução

A sustentabilidade, entendida como a capacidade de satisfazer as necessidades presentes sem comprometer as gerações futuras (ONU, 1987), tem se consolidado como um conceito central nos debates contemporâneos, sobretudo em um cenário de mudanças climáticas, perda de biodiversidade e escassez hídrica. Complementarmente, Leff (2010) argumenta que a crise ambiental atual está profundamente enraizada na racionalidade moderna, que dissociou natureza, sociedade e cultura. Superar

* Professor Adjunto da Faculdade de Ciências Humanas e do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Grande Dourados.

** Atualmente compõe o quadro de docentes e pesquisadores do Curso de Graduação em Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Grande Dourados.

Abstract: This study analyzes the process of use and occupation of the scenic basins of the Prata, Formoso, and Peixe rivers (MS), located in a karst environment of high environmental fragility and in the border region. The methodology was based on the study of the territory-landscape binomial, using cartography techniques, multitemporal analysis, and remote sensing. The results show a replacement of native vegetation by monocultures and pastures, river turbidity, and mining expansion, affecting the structure and function of karst systems. These elements point to the urgency of strategies in the current scenario of climate change and water crises.

Keywords: Karst landscape, land use and cover, environmental planning, geoprocessing.

Resumen: Este trabajo analiza el proceso de uso y ocupación de las cuencas escénicas de los ríos Prata, Formoso y Peixe (MS), insertadas en un entorno kárstico de alta fragilidad ambiental y en la franja fronteriza. La metodología se basó en el estudio del binomio territorio-paisaje, utilizando técnicas de cartografía, análisis multitemporal y teledetección. Los resultados muestran una sustitución de la vegetación nativa por monocultivos y pastizales, la turbidez de los ríos y la expansión de la minería, lo que afecta a la estructura y la función de los sistemas kársticos. Estos elementos apuntan a la urgencia de estrategias en un escenario actual de cambio climático y crisis hídricas.

Palabras-clave: Paisaje kárstico, uso y cobertura del suelo, planificación ambiental, geoprocесamiento.

essa cisão implica articular saberes diversos, reconhecer os territórios como espaços vivos e construir alternativas de desenvolvimento baseadas na pluralidade de visões de mundo. Os próprios Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 (ONU, 2015) refletem esse paradigma ampliado, ao integrar metas sociais, culturais, ambientais e econômicas, desafios postos para o século XXI sob diversas escalas e sentidos.

No contexto latino-americano, e particularmente nas regiões de fronteira, como o território ocupado pelo Mato Grosso do Sul, em especial nos municípios de Jardim e Bonito, a sustentabilidade assume contornos específicos, havendo espectros que envolvem o desenvolvimento econômicos e o binômio conservação e sustentabilidade. Nesta porção do território sul-mato-grossense observam-se contradições marcantes: de um lado, a valorização turística e ambiental da região, reconhecidamente em âmbito mundial; de outro, a pressão do agronegócio voltado à produção de *commodities* (soja, milho, eucalipto), que promove monoculturas, desmatamento, contaminação e diminuição de recursos hídricos e exclusão de comunidades tradicionais. Porto-Gonçalves (2020) nos lembra que os territórios devem ser compreendidos como espaços de vida e resistência, e não apenas como unidades econômicas que expressam modelos econômicos hegemônicos. É reconhecido que a expansão agrícola e o modelo de desenvolvimento orien-

tado ao mercado de *commodities* marginalizam territórios tradicionais e áreas de conservação, intensificando desigualdades e conflitos. Esse é um cenário evidenciado na área abarcada pelas bacias cênicas dos rios da Prata, Formoso e Peixe.

No Mato Grosso do Sul o avanço das monoculturas tem exercido intensas pressões sobre as áreas de proteção ambiental e comunidades indígenas como os Guarani, Kaiowá, Terena e Kadiwéu, muitos dos quais residem nas regiões de fronteira, cujos territórios estão cada vez mais cercados por lavouras mecanizadas, frequentemente submetidas à pulverização aérea de agrotóxicos, à contaminação dos recursos hídricos e à perda significativa da biodiversidade (Ferreira; Silva 2025).

Paralelamente, áreas de proteção ambiental, assentamentos da reforma agrária e terras indígenas em processo de demarcação tendem a ser marginalizadas por políticas públicas que favorecem interesses econômicos hegemônicos. No contexto desta pesquisa, embora as bacias hidrográficas analisadas (Peixe, Formoso e Prata), não incluam diretamente terras indígenas em seus limites, essas estão situadas em uma região estratégica, funcionando como zona de amortecimento frente às pressões antrópicas, como é o caso da Terra Indígena Kadiwéu, a maior do estado de Mato Grosso do Sul. O mesmo quadro é observado quando analisamos o papel de manutenção do equilíbrio ambiental do Parque Nacional da Serra da Bodoquena sobre as bacias cênicas ora analisadas.

As bacias hidrográficas cênicas dos rios Peixe, Formoso e Prata representam unidades territoriais de alta complexidade ecológica, funcional e estética. Muito além do apelo turístico visual, essas bacias em questão são formadas por interações entre elementos físicos, biológicos e socioculturais singulares, expressando a relação sociedade-natureza de forma intensa e dialética. Sua gestão territorial requer um olhar integrado, que considere valores ambientais, estéticos, patrimoniais e ecossistêmicos como fundamentais para o desenvolvimento sustentável, a conservação e a preservação dos ambientes que coexistem, o que não descarta a sociedade.

A paisagem neste contexto, deve ser compreendida como uma categoria de análise geográfica que incorpora não apenas a beleza visual, mas também a funcionalidade ecológica e suas dinâmicas ambientais e culturais (Silva; Brugnoli, 2025). Especialmente em áreas cársticas, como as da Serra da Bodoquena (MS), a paisagem se estrutura a partir de um substrato geológico altamente solúvel, marcado por feições típicas como dolinas, cavernas, sumidouros e rios de águas cristalinas. A fragilidade natural dessas formações exige políticas públicas e instrumentos de planejamento capazes de reconhecer sua vulnerabilidade e limitar usos inadequados (Kohler; Castro, 2009), essa condição se aplica as bacias cênicas do Prata, Formoso e Peixe cujas áreas apresentam ambientes marcados pelo cárstico.

A de se lembrar que o carste está presente em apenas 15% da superfície terrestre quando consideradas apenas rochas carbonatadas, é um sistema geológico complexo e demasiadamente frágil (Brugnoli; Silva, 2025). Sua formação decorre da dissolução química de rochas como calcário e dolomita, em presença de água enriquecida com dióxido de carbono, o que dá origem a feições tanto subterrâneas (cavernas, galerias, aquíferos) quanto superficiais (vales fechados, dolinas, poljes). A definição do que é rocha solúvel é fundamental para a compreensão do que é o “verdadeiro carste”. Minerais solúveis, todas as rochas possuem, as próprias rochas apresentam certa solubilidade, contudo, segundo Travassos (2019) se as rochas exibirem mais de 20% de componentes insolúveis, raramente se desenvolvem feições cársticas típicas.

No Brasil, o reconhecimento e a valorização desses sistemas foram tardios, com avanços mais significativos a partir da década de 1970, e ainda concentrados em regiões específicas como Minas Gerais, Goiás, Bahia e, mais recentemente, Mato Grosso do Sul. É, justamente nessa região do estado que se destacam as bacias hidrográficas dos rios Formoso, Prata e Peixe, localizadas em ambientes cársticos da Serra da Bodoquena. Essas bacias reúnem uma combinação singular de atributos naturais: vegetação nativa exuberante, rios de águas cristalinas, rica biodiversidade e grande valor recreativo e paisagístico. No entanto, enfrentam pressões crescentes de uso do solo, como a expansão da pecuária extensiva, a intensificação da agricultura (especialmente da monocultura da soja), a mineração de calcário e o crescimento urbano e turístico sem o devido monitoramento e gestão.

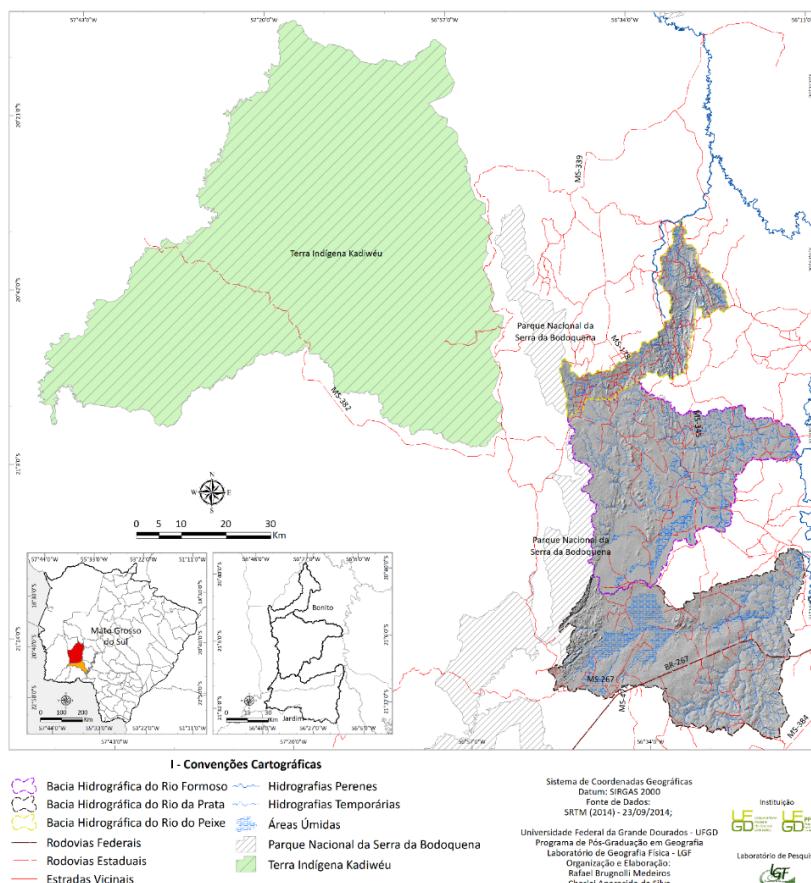
As bacias não podem ser tratadas apenas por seus atributos visuais ou turísticos, isso representa um equívoco que a médio prazo trará o esgotamento do modelo econômico vigente e o comprometimento da qualidade ambiental. A valorização do carste e das paisagens que ele sustenta exige uma abordagem geossistêmica integrada, capaz de orientar ações de conservação, uso sustentável e desenvolvimento compatível com a capacidade de suporte do território.

O cárstico deve ser compreendido como uma unidade ambiental cuja dinâmica é determinada pela interação entre feições superficiais e subterrâneas sensíveis (Zhang *et al.*, 2023; Li *et al.*, 2023). Trata-se de um sistema aberto, vulnerável e imprevisível diante da intensificação das intervenções humanas. Devemos lembrar que a legislação vigente estabelece que o planejamento territorial das bacias hidrográficas deve, necessariamente, considerar suas especificidades físicas, culturais, sociais e econômicas, a fim de garantir uma gestão eficaz e coerente. Contudo, essa diretriz tem sido frequentemente negligenciada em documentos oficiais e instrumentos de gestão, como os planos de recursos hídricos, de orde-

namento territorial e mesmo no Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado de Mato Grosso do Sul (Mato Grosso do Sul, 2009; 2015). Notadamente, a região sudoeste do estado — que abrange os municípios de Bonito, Jardim e Bodoquena — costuma ser tratada sob uma ótica econômica com ênfase em seu potencial agrícola, ao passo que suas fragilidades ecológicas e geológicas são colocadas em segundo plano. Tal distorção revela um padrão recorrente na formulação de políticas públicas, tanto por órgãos governamentais quanto por entidades privadas: a sistemática subvalorização do ambiente cárstico e seu potencial geoecológico e econômico-social de longo prazo.

Diante desse cenário, o presente estudo tem como objetivo compreender as dinâmicas territoriais dessas bacias cênicas (Figura 1), analisando as mudanças no uso e cobertura da terra em dois anos específicos, a fim de identificar problemas ambientais recorrentes em um contexto de mudanças climáticas e crises hídricas.

Figura 1. As bacias cênicas dos rios Formoso, Prata e Peixe e seu entorno, a Terra Indígena Kadiwéu e o Parque Nacional da Serra da Bodoquena



Os procedimentos técnicos e metodológicos

A análise do uso das terras fundamenta-se em técnicas de sensoriamento remoto, com ênfase no processamento digital de imagens. Para esse fim, realizou-se a integração de dados orbitais e bases cartográficas por meio de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), com destaque para a aplicação dos softwares ArcGIS 10® e Spring 5.5.6. O primeiro objetivo discorreu sobre o uso de dados de cobertura das terras do MapBiomass, do ano de 1985. Foi utilizado tal informações diante de sua qualidade para fins de análise temporais e comparativas entre usos das terras.

O segundo objetivo consistiu no mapeamento do uso e cobertura das terras referentes ao ano de 2023, visando compreender o estágio atual do processo de ocupação territorial e avaliar em que medida tal dinâmica tem imposto pressões sobre os sistemas naturais, unidades de conservação, fragmentos de vegetação nativa e corpos hídricos. Para tanto, optou-se, nesse ano, pelo processamento de imagens, visto que os dados atuais do MapBiomass utilizam pixels de 30 metros (LandSat) e, recentemente, tem-se imagens com resoluções menores, o que possibilitam classificações mais precisas.

A seleção das imagens de satélite seguiu critérios como a ausência de cobertura de nuvens, a fim de evitar interferências nas assinaturas espectrais e nas reflectâncias dos alvos presentes na superfície terrestre; outro critério envolveu a escolha de imagens obtidas entre as estações seca e chuvosa (verão e inverno), uma vez que os contrastes sazonais podem alterar significativamente a resposta espectral dos elementos analisados, o que comprometeria a acurácia da classificação temática; o terceiro critério referiu-se à qualidade das imagens selecionadas, priorizando-se dados provenientes do satélite da série China-Brazil Earth Resources Satellite (CBERS 4A), especificamente imagens da órbita 215 e 216, ponto 139 e 140, captadas pelo sensor WPM no ano de 2023. Este satélite oferece imagens com elevada resolução espectral (8 metros), além de dispor de sensor pancromático (2 metros), o que permite aprimorar a resolução espacial e, consequentemente, aumentar a precisão do processo de classificação.

As etapas metodológicas empregadas na classificação do uso e cobertura das terras fundamentaram-se na integração de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, utilizando os softwares ArcGIS 10® e Spring 5.5.6. Inicialmente, estruturou-se um Banco de Dados Geográficos (BDG) no ArcGIS, onde foram organizadas as bases cartográficas e imagens de satélite georreferenciadas. As imagens, obtidas do Catálogo do INPE, passaram por reprojeção do sistema WGS1984 para SIRGAS2000, conforme exigência para mapeamentos no território nacional. Em seguida, foram recortadas e submetidas à composição colorida com

as bandas do espectro visível (RGB), o que aprimorou a definição visual e facilitou as etapas subsequentes.

Após o processamento no ArcGIS, os dados foram exportados para o SIG Spring, escolhido por sua maior eficácia nas etapas de segmentação e classificação. No ambiente do Spring, foi criado um novo BDG com projeções compatíveis, e as imagens passaram por técnicas de realce de contraste, sendo adotado o histograma como o método mais eficaz para destacar os alvos de interesse. A segmentação foi realizada com base na metodologia de crescimento de regiões, que considera a similaridade espectral entre grupos de pixels, resultando em uma representação mais coerente das feições geográficas.

A classificação temática foi conduzida por meio de um algoritmo não supervisionado baseado em histograma, que agrupou regiões espectralmente homogêneas. Foram definidas cinquenta classes iniciais (assinaturas espetrais – cores, texturas e diferenciação entre os *pixels*), proporcionando maior nível de detalhamento. Após a classificação, os dados matriciais foram convertidos para o formato vetorial e exportados novamente ao ArcGIS, onde ocorreu a reclassificação final de cada uma dessas cinquenta assinaturas espetrais, complementada por observações de campo e conhecimento técnico. As classes finais identificadas incluíram: Água; Edificações; Mineração; Pastagem; Pastagem em Área Úmida; Culturas de Soja; Solo Exposto; Vegetação Campestre em Área Úmida; Vegetação Florestal; Vegetação Florestal em Área Úmida; Silvicultura.

0 processo de uso e ocupação: os cenários pretérito e presente

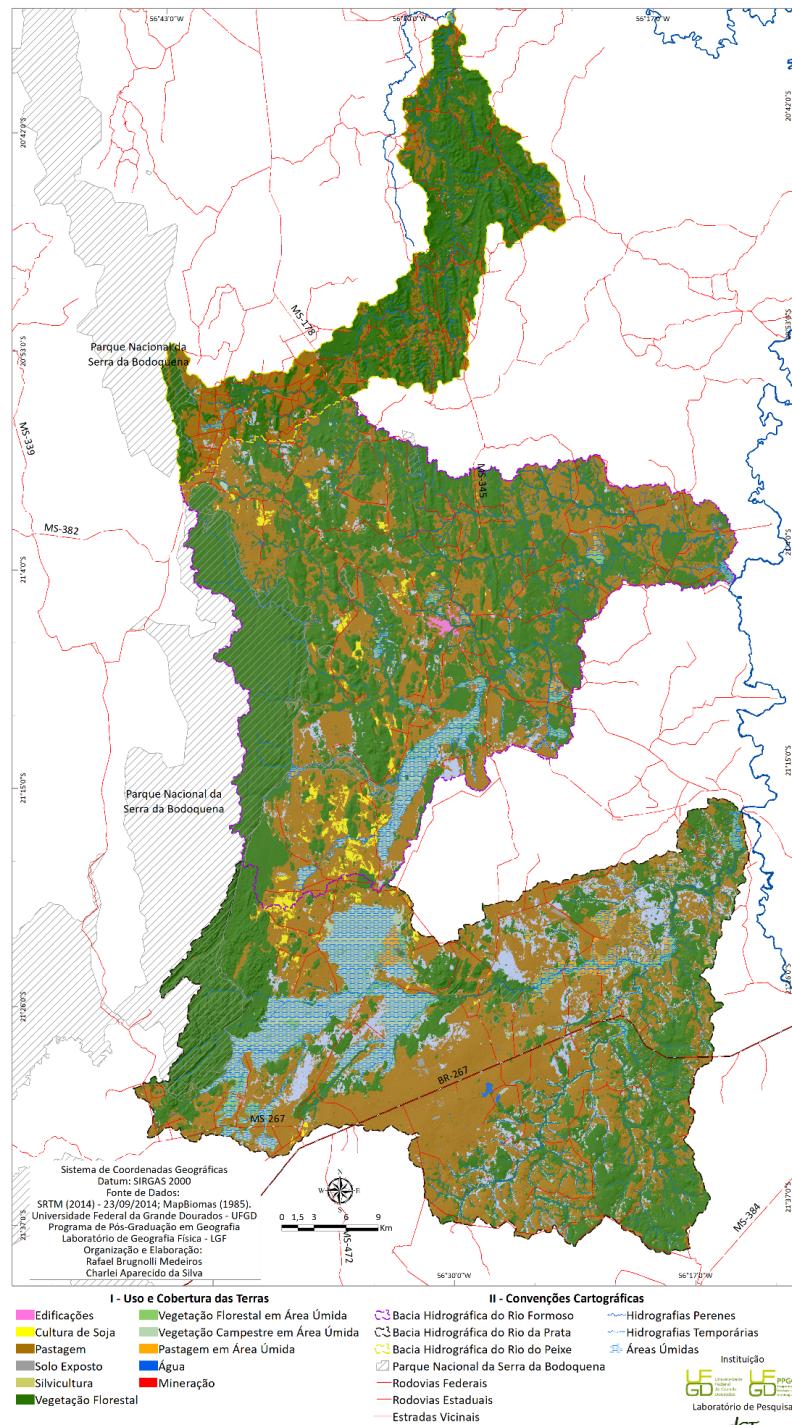
As paisagens refletem intensamente a ação humana, sendo raras as áreas que mantêm suas condições naturais intactas neste século XXI. Mesmo os remanescentes nativos e extremamente isolados sofrem influência de fatores como clima, relevo e alterações no regime de chuvas. Compreender o uso e cobertura das terras torna-se fundamental, uma vez que esse tipo de mapeamento estabelece uma ponte entre os elementos físico-naturais e as dinâmicas socioeconômicas postas sobre o território.

Os termos “uso”, “ocupação” e “cobertura” possuem nuances distintas: “uso” refere-se à aplicação consolidada do território; “ocupação”, às áreas em transformação estrutural; e “cobertura” diz respeito à vegetação presente, especialmente em regiões ecológicas como o Mato Grosso do Sul, onde se entrelaçam os biomas Cerrado, Pantanal e Mata Atlântica. Assim, adota-se a expressão “uso e cobertura das terras” por contemplar tanto o grau de utilização quanto a presença de remanescentes vegetais desses biomas.

O processo de ocupação no Mato Grosso do Sul esteve historicamente vinculado à pecuária extensiva e à extração da erva-mate, intensificando-se com a expansão das monoculturas, especialmente a soja, a partir da década de 1970. A política de colonização iniciada pelo governo Vargas com a “Marcha para o Oeste” incentivou a migração de colonos do Sul para o então sul de Mato Grosso, provocando conflitos com a Companhia Mate Laranjeira, que detinha o controle sobre os ervais da região (Ferreira; Silva, 2020). Com a criação do estado do Mato Grosso do Sul em 1979, as dinâmicas territoriais passaram a responder diretamente aos interesses do mercado interno e externo. Como destaca Lamoso (2011, p. 34), o estado foi inserido na divisão territorial do trabalho como uma extensão da economia paulista, transformando o binômio trigo/gado em soja/gado e fortalecendo sua vinculação ao mercado internacional, especialmente pelas commodities como soja e carne bovina.

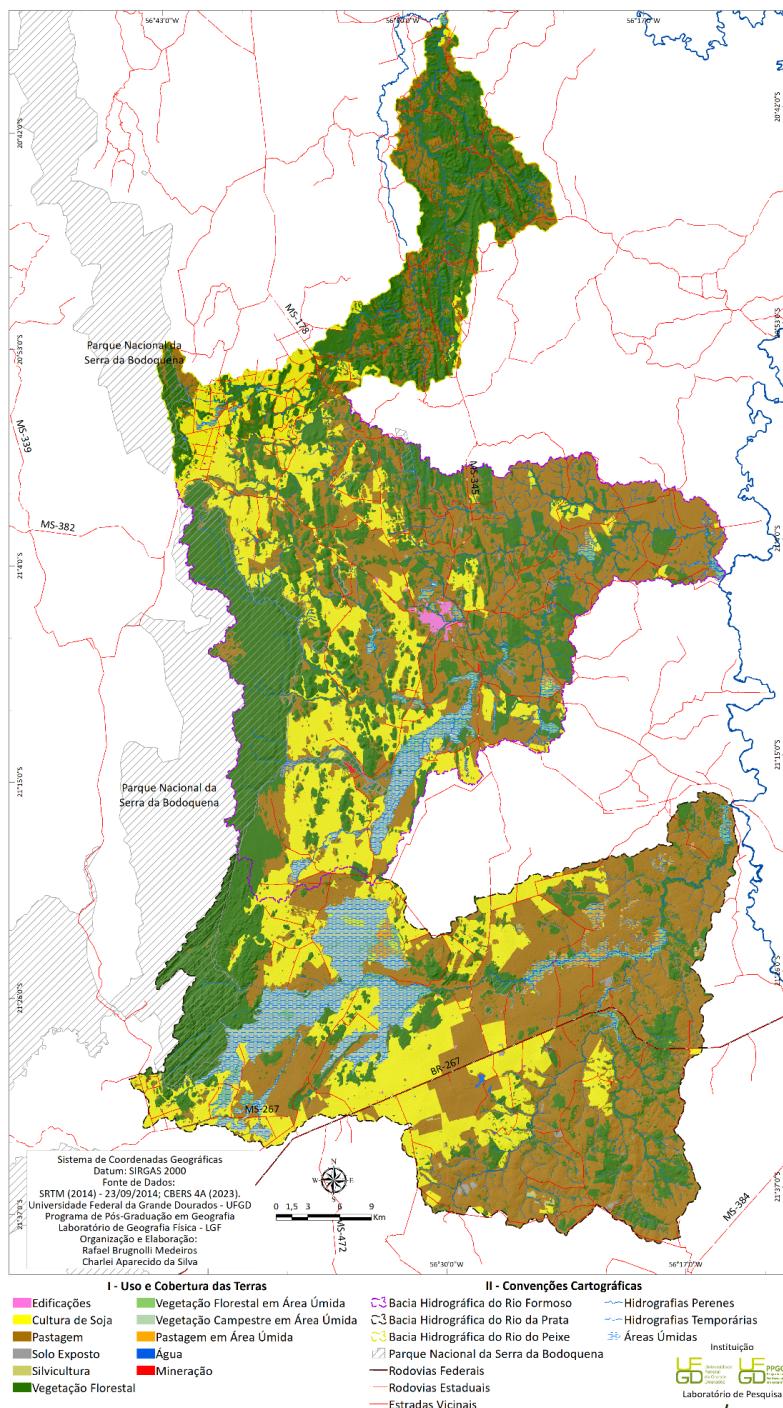
No século XXI, o avanço das monoculturas consolidou-se, amparado por incentivos fiscais, desenvolvimento de cultivares adaptadas aos solos ácidos do Centro-Oeste e pela posição estratégica em relação à região Sudeste. Segundo Faccin (2019) e Lima *et al.* (2020), a política estatal de incentivo ao modelo agroexportador tem mantido e ampliado essa lógica, o que, embora fortaleça economicamente o setor, limita outras formas de produção mais integradas ao território e à mão de obra local. As características pedogeomorfológicas do estado, marcadas por relevos aplaniados e solos profundos, como latossolos e argissolos; favorecem a expansão das monoculturas. Mesmo com solos naturalmente ácidos, as tecnologias agrícolas atuais possibilitaram seu uso intensivo, promovendo o aumento da produtividade e da área cultivada no estado, como é o caso das bacias cênicas dos rios da Prata, Formoso e Peixe (Figuras 2, 3 e 4 e Tabela 1).

Figura 2. Uso e Cobertura das Terras nas bacias cênicas dos rios da Prata, Formoso e Peixe em 1985



Elaboração: Os autores (2025).

Figura 3. Uso e Cobertura das Terras nas bacias cênicas dos rios da Prata, Formoso e Peixe em 2023



Elaboração: Os autores (2025).

Figura 4. Representações Iconográficas do Uso e Cobertura das Terras nas bacias cênicas dos rios Prata, Formoso e Peixe no presente

I - Uso e Cobertura das Terras	Representações Iconográficas		
	BH do rio da Prata	BH do rio Formoso	BH do rio do Peixe
 Edificações			
 Cultura de Soja			
 Mineração	-----		-----
 Pastagem			
 Solo Exposto			
 Silvicultura			-----
 Vegetação Florestal			
 Vegetação Florestal em Área Úmida			
 Vegetação Campestre em Área Úmida			-----
 Pastagem em Área Úmida			
 Água			

Elaboração: Os autores (2025).

Tabela 1. Análise multitemporal do uso e cobertura das terras nas bacias cênicas, nos anos de 1985 e 2023

Classes de Uso e Cobertura das Terras	1985		2023			
	Área (km ²)	Área (%)	Área (km ²)	Desvio (km ²)	Área (%)	Desvio (%)
Água	2,66	0,08	3,88	1,22	0,12	0,04
Edificações	3,26	0,10	8,50	5,24	0,27	0,17
Mineração	0,12	0,00	0,95	0,83	0,03	0,03
Pastagem	1295,75	41,37	1141,32	-154,43	36,44	-4,93
Pastagem em Área Úmida	201,32	6,43	28,78	-172,54	0,92	-5,51
Culturas de Soja	28,15	0,90	621,85	593,70	19,86	18,96
Solo Exposto	9,26	0,30	10,49	1,23	0,33	0,04
Vegetação Campestre em Área Úmida	124,07	3,96	124,67	0,60	3,98	0,02
Vegetação Florestal	1404,21	44,84	1128,51	-275,70	36,03	-8,80
Vegetação Florestal em Área Úmida	62,93	2,01	61,14	-1,79	1,95	-0,06
Silvicultura	0,00	0,00	1,64	1,64	0,05	0,05
	3131,73	100,00	3131,73	--	100,00	--

Elaboração: Os autores (2025).

A análise da Tabela 1, que apresenta dados multitemporais do uso e cobertura das terras nas bacias cênicas nos anos de 1985 e 2023, evidencia dinâmicas territoriais que se relacionam ao atual processo ocupacional do estado de Mato Grosso do Sul, as *commodities* de soja. Trazendo para o contexto da Serra da Bodoquena e seu planalto, o processo de uso das terras é predominantemente agropecuária, contudo, é bem definido três processos que ocorrem nessas áreas: o primeiro é a preservação dos remanescentes nativos da Serra da Bodoquena; o segundo é a borda da serra essencialmente cárstica (calcários), fértil e frágil, porém, que exibe solos e relevo que propiciam o avanço antrópico, ou seja, as lavouras avançam no sentido sul-norte e seguindo para o Pantanal; o terceiro é que nas áreas terrígenas (arenitos) do planalto da Serra da Bodoquena, as pastagens são massivas, não tendenciando a curto prazo a mudança para soja.

Diante dos inúmeros processos atuantes e que fragmentam a paisagem, Van Beynen e Van Beynen (2011) destacam a agricultura, turismo e mineração entre os usos mais atuantes e que inferem sobre o carste e alteram sua estrutura. São vários os exemplos dessa alteração: extração do calcário, extração da água subterrânea, poluição da água, edificações e agricultura são os principais culpados por perturbar o carste, tanto na superfície como na subsuperfície, entre outros fatores que tornam essas áreas ainda mais frágeis. Liu *et al.* (2014) resgatam ainda a ideia de

que a mudança massiva no uso das terras são mudanças globais, sentidas de forma mais clara no carste, sobretudo pela fragilidade das rochas e da paisagem cárstica.

Uma das principais mudanças do ser humano nos sistemas cársticos é a retirada da vegetação natural para a instauração das atividades agrícolas, o que provoca mudanças no ciclo hidrológico, além de trazer ao sistema uma grande quantidade de agroquímicos. Tal alteração no ciclo, Gillieson e Thurgate (1999) afirmam estar associada à remoção da cobertura vegetal, uma vez que evidências se desenvolvem para afirmar que os atuais sistemas cársticos são cada vez mais afetados pela agricultura. Inclusive, é sobre a agricultura o dado que mais chama atenção, de 28,15 km² (0,90%) em 1985 para 621,85 km² (19,86%) em 2023, um acréscimo de quase 600 km². Esse crescimento comprova o avanço da monocultura sobre áreas anteriormente ocupadas por vegetação nativa e pastagens. Essa substituição evidencia um padrão de ocupação territorial em que as pastagens são implantadas inicialmente, seguidas pela entrada das lavouras de soja (Brugnolli *et al.*, 2022), motivadas por interesses de mercado e incentivos ligados ao agronegócio exportador de *commodities*.

Nessas culturas, inclusive, é importante destacar que grande parte delas estão em áreas cársticas, diante da fertilidade natural advinda do calcário e pela influência do carbonato de cálcio no processo de gênese do solo, produzindo solos férteis e estruturados, como já demonstrado em estudos recentes (Brugnolli; Silva, 2023). Os nitossolos apresentam horizontes e material de origem ligado a rochas básicas, como o basalto e, nesse caso, os calcários, por outro lado, temos os chernossolos que tem sua gênese ligado ao carbonato de cálcio presente nessas rochas. Esses são dois solos extremamente férteis que favorecem a implantação e produtividade das culturas de soja.

Somado a isso, ainda se tem o relevo plano derivado da dissolução química das rochas, que formam superfícies extremamente aplinadas com pouco ou nenhum recurso hídrico superficial (drenagem vertical ou criptorreica), o que favorece as culturas. O que deve ser levado em conta que essas áreas são instáveis do ponto de vista geológico, geomorfológico e pedológico, necessitando que sua ocupação obedeça a capacidade de uso expressa pelos componentes ambientais, e devem estar de acordo com a legislação vigente do Mato Grosso do Sul (2019). Entretanto, o Decreto nº 15.197, de 21 de março de 2019, representa um avanço, mas ainda se mostra insuficiente diante da escala e da especificidade dos impactos verificados nessas áreas.

Essas práticas e legislações visam reduzir a propensão aos turvamentos recorrentes, e, principalmente, reduzir a energia imbuída na morfologia cárstica. É consenso na comunidade científica que são dois fatores que se sobressaem ao

impactar no carste, as lavouras e a mineração. Algo interessante e notável nessa região da Serra da Bodoquena, é que as lavouras não avançam sobre o sistema terrígeno, este tem a pastagem como resistente, as lavouras, portanto, avançam no sentido sul-norte margeando a Serra e sempre em terrenos cársticos pela potencialidade existente, produtiva e de recursos ambientais.

A redução significativa das pastagens, que somavam 1.497,07 km² (47,80%) em 1985 e passaram a 1.170,10 km² (37,36%) em 2023, demonstra essa transição de uso da terra. Destaca-se, ainda, a acentuada diminuição das pastagens em áreas úmidas, com retração de mais de 170 km². Outro dado que corrobora o conteúdo do texto é a perda de vegetação florestal, que foi reduzida em aproximadamente 276 km², representando uma queda de 8,8% na cobertura natural. Essa redução compromete a resiliência dos sistemas ambientais, causando a substituição por espécies exóticas que alteram o fornecimento de alimentos e podem causar mudanças nos regimes hidrológicos, que incluem os regimes de cheias, mudanças nos níveis freáticos e na qualidade da água, com o aumento da turbidez.

A fragmentação da paisagem é algo dos mais importantes quando tratamos a fragilidade do carste, a falta de vegetação nativa impossibilita maior proteção ao solo, sedimentos são facilmente carreados e os recursos hídricos de notável beleza cênica passam a ser atingidos pelos sedimentos, turvando-os e desestabilizando o sistema aquático e as tufas calcárias existentes. O destaque na vegetação florestal fica por conta das Unidades de Conservação, é a partir delas que as bacias cênicas ainda resistem aos avanços antrópicos, o restante das bacias cênicas padece da fragmentação da paisagem, do avanço das culturas e pastagens na região.

Todo esse avanço antrópico influencia as áreas de banhado, representando uma ameaça significativa aos processos ecológicos fundamentais que regulam o equilíbrio hidrológico das bacias cênicas. A ocupação dessas zonas úmidas reduz a recarga dos aquíferos e compromete a capacidade de saturação do solo, acarretando consequências diretas sobre a qualidade da água e a estabilidade dos ecossistemas aquáticos. Sem a proteção natural proporcionada pelos banhados, intensifica-se a turbidez dos rios e agravam-se os impactos socioambientais nos municípios inseridos nessas bacias.

O banhado desempenha um papel fundamental na regulação hídrica, atuando como área de retenção, infiltração e recarga dos aquíferos. No entanto, à medida que a ocupação antrópica avança sobre suas margens, observa-se uma redução significativa na capacidade de infiltração do solo, comprometendo a recarga hídrica e afetando diretamente o regime dos cursos d'água, especialmente em períodos de estiagem. A intensificação da crise hídrica, agravada pelo contexto

das mudanças climáticas, tem produzido impactos perceptíveis sobre os sistemas naturais, e este cenário é observado no contexto das bacias cênicas em questão.

Um episódio emblemático dessa crise ocorreu entre julho e agosto de 2024, quando o rio da Prata apresentou um trecho seco de aproximadamente seis quilômetros. Nesse período, foram registrados episódios de mortandade de peixes e a interrupção temporária das funções ecológicas do rio. As únicas porções com presença de água eram cacimbas esparsas ao longo do leito seco. A retomada do fluxo hídrico só se verificou após o trecho à jusante de uma extensa área de mata nativa e vegetação ciliar, que abriga diversas nascentes. Foi esse conjunto de fontes hídricas que, ao alimentar o rio da Prata, restabeleceu progressivamente seu fluxo natural.

Esse episódio (Figura 5) foi amplamente noticiado e investigado por órgãos ambientais, os quais apontaram a confluência de fatores naturais, como estiagens prolongadas; e antrópicos, destacando-se entre estes a instalação irregular de drenos em áreas de banhado, e o avanço das lavouras em áreas de nascentes; práticas estas que comprometem a recarga hídrica das nascentes. Embora extremo, o fenômeno não é um caso isolado. A seca do Rio da Prata, portanto, deve ser compreendida como um alerta sobre os limites da capacidade de suporte dos sistemas cársticos frente à intensificação do uso antrópico e às mudanças climáticas.

Figura 5. Rio da Prata em Dezembro/2023 e Agosto/2024, mostrando a redução das águas superficiais e a fragilidade do ambiente cárstico



Elaboração: Os autores (2025).

Conforme demonstrado, esses processos evidenciam a urgência de políticas públicas integradas de planejamento e gestão territorial que levem em conta as particularidades ambientais e a elevada fragilidade dos sistemas hidrográficos e cársticos do Mato Grosso do Sul. A falta de uma legislação específica sobre carste

superficial, abordando-o diante de suas fragilidades e não somente as potencialidades é fundamental para adotar medidas compatíveis com a capacidade de suporte sistemas singulares em razão do avanço do modelo econômico que visa a exportação de commodities materializada pela monocultura da soja.

Considerações finais

As bacias cênicas do Mato Grosso do Sul, notadamente as de Bonito e Jardim, representada pelos rios da Prata, Formoso e Peixe, reúnem atributos ambientais que as tornam não apenas espaços de rara beleza, mas também territórios estratégicos para a conservação da biodiversidade, da qualidade hídrica e do equilíbrio ecológico de toda a região. No entanto, tais áreas vêm sendo crescentemente pressionadas por processos antrópicos intensivos, como a substituição da vegetação nativa por monoculturas, o avanço da mineração, a fragmentação da paisagem e o manejo inadequado do solo.

Neste cenário há a urgência de políticas de planejamento e gestão territorial com viés estritamente preservacionista e conservacionista, um atendimento e respeito imediato a legislação ambiental vigente. Ao mesmo tempo, é fundamental que as bacias hidrográficas sejam em questão sejam reconhecidas como unidades territoriais prioritárias, orientando ações que transcendam o viés econômico e turístico e promovam uma abordagem sistêmica de governança socioambiental. A utilização da bacia hidrográfica como unidade de análise em paisagens cársticas deve ser objeto de debate imediato, sobretudo devido à dificuldade de delimitar com precisão os fluxos hídricos subterrâneos. Ainda assim, este estudo justifica essa escolha ao enfatizar a capacidade integradora da bacia em relação às variáveis ambientais, além de a bacia hidrográfica ser uma unidade de análise prática e funcional, em consonância com a legislação ambiental brasileira.

Logo, a complexidade das paisagens cársticas exige abordagens metodológicas integradas e adaptadas às suas especificidades, fragilidades e vulnerabilidades. A aplicação de cartografia na análise das dinâmicas territoriais e as características da paisagem, associada ao uso de drones, validação em campo e à experiência acumulada de uma década de pesquisas, mostrou-se eficaz para compreender as interações entre os componentes físico-naturais e as dinâmicas que operam sobre essas áreas. Essa perspectiva fortalece o entendimento das fragilidades ecológicas locais e subsidia a formulação de políticas públicas mais adequadas.

Por fim, reafirma-se que a resiliência das bacias cênicas dependerá de ações articuladas com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente no que tange à ação contra a mudança global do clima (ODS 13) e à vida

terrestre (ODS 15). A preservação da vegetação nativa e a manutenção da qualidade da água são, portanto, fundamentais para a sustentabilidade do potencial ambiental, científico, geológico e hidrológico da Serra da Bodoquena e todo o seu entorno.

Agradecimentos

À Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (Fundect), a qual financiou o projeto “Diagnóstico geoecológico das paisagens das bacias hidrográficas cênicas de Bonito e Jardim - Mato Grosso do Sul: subsídios para a construção de um atlas ambiental”, vinculado à chamada Especial Fundect/UFGD 33/2022. O segundo autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) a concessão da Bolsa Produtividade em Pesquisa, interstício 2023-2025 - Chamada CNPq nº 09/2022 - Processo: 305530/2022-4. A Universidade Federal da Grande Dourados e ao Programa de Pós-Graduação em Geografia.

Referências

- ANDREYCHOUK, V.; DUBLYANSKY, Y.; EZHOV, Y.; LYSENIN, G. **Karst in the Earth's crust: Its distribution and principal types.** Simferopol: Institute of Speleology and Karstology, 2009.
- BRUGNOLLI, R. B.; BEREZUK, A. G.; PINTO, A. L.; SILVA, C. A. da. Calidad de las aguas superficiales en sistemas kársticos: un estudio de la cuenca hidrográfica del río Formoso, Bonito, Mato Grosso do Sul – Brasil. **Investigaciones Geográficas**, n. 78, p. 107–129, 2022.
- BRUGNOLLI, R. M.; SILVA, C. A. O carste ibero-americano: pressupostos teóricos, metodológicos e de aplicação. In: MEDEIROS, R. B.; SILVA, C. A. (Orgs.). **Paisagens cársticas: experiências ibero-americanas.** Porto Alegre: TotalBooks, 2025. v. 1, p. 22–45. Disponível em: <https://totalbooks.com.br/paisagens-carsticas-experiencias-ibero-americanas/>. Acesso em: 5 mar. 2025.
- BRUGNOLLI, R. M.; SILVA, C. A. **Atlas geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, Bonito – Mato Grosso do Sul/Brasil.** 1. ed. São Carlos: Pedro & João Editores, 2023. 138 p. Disponível em: <https://pedrojoaoeditores.com.br/produto/atlas-geoambiental-da-bacia-hidrografica-do-rio-formoso-bonito-mato-grosso-do-sul-brasil-livro-eletronico-bonito-e-jardim-mato-grosso-do-sul/>. Acesso em: 5 mar. 2025.
- ESRI. **ArcGIS Desktop:** Release 10. Redlands: Environmental Systems Research Institute, 2011.
- FERREIRA, P. S.; SILVA, C. A. da. Soybean, a commodity without borders: socio-environmental impacts in protected areas and indigenous communities in Mato Grosso do Sul/Brazil. **Sociedade & Natureza**, v. 37, n. 1, 2025. DOI: 10.14393/SN-v37-2025-76624. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/sociedadenatureza/article/view/76624>. Acesso em: 10 jul. 2025.
- KOHLER, H. C.; CASTRO, J. F. M. Geomorfologia cárstica. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.). **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. p. 339–350.
- LEFF, E. **Saber ambiental:** sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder. Petrópolis: Vozes, 2001.

LIU, Y.; HUANG, J.; LIN, W. Zoning strategies for ecological restoration in the karst region of Guangdong Province, China: a perspective from the “social-ecological system”. *Frontiers in Environmental Science*, v. 12, 1369635, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1369635>. Acesso em: 25 jun. 2025.

MATO GROSSO DO SUL. Decreto n.º 15.197, de 21 de março de 2019. Disciplina o procedimento de apresentação de Projeto Técnico de Manejo e de Conservação de Solo e Água [...]. *Diário Oficial do Estado*, Campo Grande, 21 mar. 2019.

MATO GROSSO DO SUL. **Zoneamento ecológico-econômico – Mato Grosso do Sul**: primeira aproximação. Governo do Estado de Mato Grosso do Sul, 2009. Disponível em: <http://www.semagro.ms.gov.br/zoneamento-ecologico-economico-de-ms-zee-ms/>. Acesso em: jan. 2018.

MATO GROSSO DO SUL. **Zoneamento ecológico-econômico – Mato Grosso do Sul**: segunda aproximação. Governo do Estado de Mato Grosso do Sul, 2015. Disponível em: <http://www.semagro.ms.gov.br/zoneamento-ecologico-economico-de-ms-zee-ms/>. Acesso em: jan. 2018.

NEVES, C. E.; SALINAS, E.; PASSOS, M. M.; ROSS, J. L. S.; CUNHA, L. The scientific work on landscape analysis in Brazil: perspectives for an integrating debate. *Geo UERJ*, Rio de Janeiro, n. 39, p. 1–28, 2021.

ONU – Organização das Nações Unidas. **Nosso futuro comum** (Relatório Brundtland). 1987. Disponível em: <https://www.are.admin.ch/en/1987-brundtland-report>. Acesso em: 1 abr. 2025.

ONU – Organização das Nações Unidas. **Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 15 jun. 2025.

PORTO-GONÇALVES, C. W. De caos sistêmico e de crise civilizatória: tensões territoriais em curso. *Revista da Casa da Geografia de Sobral*, v. 22, n. 2, p. 103–132, 2020. DOI: 10.35701/rgcs.v22n2.687.

SILVA, C. A.; BRUGNOLLI, R. M. Sobrevoos de drone e geotecnologias: técnicas de representação e análise da paisagem. In: NUNES, J. O. R.; BALDASSARINI, J. S.; SANTANA, A. D. (Orgs.). **A relação sociedade e natureza em debate**: teoria e práxis na recuperação de áreas degradadas. Curitiba: Appris, 2025. v. 1, p. 216–241.

SOLODYANKINA, S. V.; ZNAMENSKAYA, T. I.; VANTEEVA, Y. V.; OPEKUNOVA, M. Y. Geosystem approach for assessment of soil erosion in Priol'khonie steppe (Siberia). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, v. 201, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/201/1/012023>. Acesso em: 25 jun. 2025.

SPRING. Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. *Computers & Graphics*, v. 20, n. 3, p. 395–403, 1996.

TRAVASSOS, L. E. P. **Princípios de carstologia e geomorfologia cársica**. Brasília, DF: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBIO, 2019.

VAN BEYNEN, P. E.; BRINKMANN, R.; VAN BEYNEN, K. M. A sustainability index for karst environments. *Journal of Cave and Karst Studies*, v. 74, n. 2, p. 221–234, 2012.

ZHANG, Z.; XIONG, K.; HUANG, D.; ZHANG, W.; CHANG, H. Spatial zoning of the value realization models for ecological products in Shibing Karst Natural World Heritage Site. *Forests*, v. 14, n. 7, p. 1449, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/f14071449>. Acesso em: 25 jun. 2025.