



**FRAGILIDADE AMBIENTAL E
QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS
DA BACIA HIDROGRÁFICA DO
CÓRREGO SALADEIRO, BONITO/MS**

Formação

Rafael Brugnolli Medeiros  

Professor Adjunto da Universidade Federal da Grande Dourados.
Contato: rafaelmedeiros@ufgd.edu.br

André Luiz Pinto  

Professor Titular Sênior da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul,
Campus de Três Lagoas.
Contato: andre.pinto@ufms.br

Lorrane Barbosa Alves  

Doutora em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da
Universidade Federal da Grande Dourados.
Contato: lorrane.geo@gmail.com

Como citar: MEDEIROS, R. B.; PINTO, A. L.; ALVES, L. B. Fragilidade ambiental e qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do Córrego do Saladeiro, Bonito/MS. *Revista Formação (Online)*, v. 31, e024010, 2024.

Recebido: 12/04/2023

Aceito: 16/07/2024

Data de publicação: 09/10/2024

Resumo

Essa pesquisa procurou avaliar a fragilidade ambiental e as interferências na qualidade das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Córrego Saladeiro, Bonito/MS. Para tanto, utilizaram-se informações: das rochas e solos por meio de dados secundários, todas conferidas por trabalhos de campo; precipitação, através de referência na temática e de dados da Agência Nacional das Águas; relevo, utilizando dados vinculados ao modelo digital de elevação; e uso e cobertura das terras, por meio do processamento digital e classificação de imagens de satélite. Juntamente a esses procedimentos, foi realizada uma análise in loco das águas superficiais para averiguação dos parâmetros físicos e químicos. Os resultados possibilitaram afirmar que a fragilidade é alta em locais com lavouras de soja e solo exposto, sobrepostos em rochas e solos com instabilidades aos processos erosivos. Simultaneamente, foram encontrados potenciais contaminadores que alteraram a qualidade das águas, com vários pontos de despejo de resíduos sólidos. Fatos que permitiram formar propostas para o ordenamento do uso das terras e a melhoria da qualidade das águas superficiais.

Palavras-chave: Sistema Cárstico. Recursos Hídricos. Uso e Cobertura das Terras. Bacia Hidrográfica. Geotecnologias.

ENVIRONMENTAL FRAGILITY AND SURFACE WATER QUALITY ASSESSMENT IN THE SALADEIRO STREAM WATERSHED, BONITO/MS

Abstract

This research aimed to evaluate the environmental fragility and its impact on the quality of surface water in the Saladeiro Stream Watershed, Bonito/MS. To achieve this, we utilized a variety of data sources, including geological and soil information obtained from secondary data, all verified through fieldwork. Precipitation data were gathered using a thematic alongside information from the National Water Agency; relief assessment was conducted using data associated with a digital elevation model; and land use and land cover analyses were performed through digital processing and classification of satellite images. In addition to these procedures, an in situ analysis of surface waters was conducted to assess physical and chemical parameters. The results indicated that environmental fragility is high in areas with soy cultivation and exposed soil, which are situated over the rocks and soils prone to erosive processes. Furthermore, potential contaminants were identified, leading to alterations in water quality, particularly at several points designated for solid waste dumping. These findings facilitated the formulation of proposals for improved land use planning and the enhancement of surface water quality

Keywords: Karst system; Water resources; Land use and land cover; Watershed; Geotechnologies.

FRAGILIDAD AMBIENTAL Y CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL ARROYO SALADEIRO, BONITO/MS

Resumen

Esta investigación buscó evaluar la fragilidad ambiental y las interferencias en la calidad de las aguas superficiales de la cuenca hidrográfica del arroyo Saladeiro, en Bonito/MS. Para ello, se utilizaron las siguientes fuentes de información: rocas y suelos, a través de datos secundarios verificados mediante trabajo de campo; precipitación, utilizando referencias temáticas y datos de la Agencia Nacional de Aguas; relieve, mediante datos vinculados al modelo digital de elevación; y uso y cobertura del suelo, a través del procesamiento digital y la clasificación de imágenes de satélite. Junto a estos procedimientos, se realizó un análisis in situ de las aguas superficiales para conocer sus parámetros físicos y químicos. Los resultados permitieron afirmar que la fragilidad es alta en áreas con cultivos de soja y suelos expuestos, superpuestos a rocas y suelos inestables frente a procesos erosivos. Además, se identificaron contaminantes potenciales que afectan la calidad del agua, con varios puntos de vertido de residuos sólidos. Estos hallazgos llevaron a la formulación de propuestas para la ordenación del territorio y la mejora de la calidad de las aguas superficiales.

Palabras clave: Sistema kárstico. Recursos hídricos. Uso y cobertura del suelo. Cuencas hidrográficas. Geotecnologías.

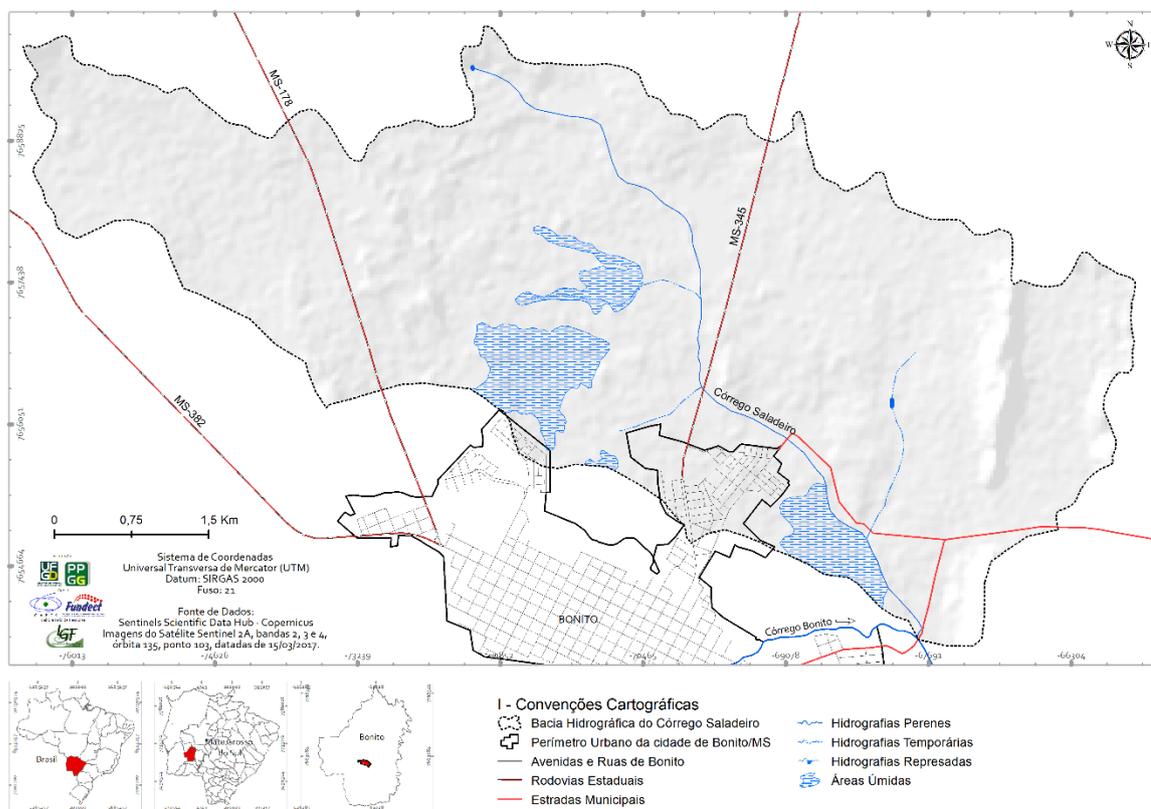
INTRODUÇÃO

A água como um recurso natural estratégico e integrante do planeta, atua de forma funcional na dinâmica da natureza e vem sendo cada vez mais utilizada para fins econômicos, considerando-a como recurso hídrico. Prontamente, seu estudo é eficaz para identificar possíveis alterações negativas em uma bacia hidrográfica, visto que a água é um elo entre seus componentes.

A bacia hidrográfica é, portanto, definida pela própria natureza a partir dos processos físicos e químicos que moldam o relevo e condicionam as relações entre seus componentes (PIROLI, 2013). No Brasil, a oficialização da bacia hidrográfica como unidade territorial estratégica de gestão, sobrevalorizando a sua utilização como unidade de estudo, foi estabelecida pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e determinada pela Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), agrupando princípios e normas para a gestão dos recursos hídricos.

De tal forma, buscou-se neste trabalho uma discussão voltada à bacia hidrográfica do córrego Saladeiro (BHCS), localizada no município de Bonito, no Estado do Mato Grosso do Sul. Esta expõe diversas particularidades em que se destacam o uso das terras e o sistema cárstico. A BHCS abrange parte do perímetro urbano do município de Bonito/MS, com uma área territorial de 31,52km². O córrego Saladeiro transcorre ao longo de 7,85 km, sendo um dos tributários do córrego Bonito, que por sua vez é afluente no rio Formoso, principal manancial de Bonito e que apresenta inúmeros empreendimentos turísticos e reconhecido pela translucidez de suas águas (Figura 1).

Figura 1 - Localização da BHCS, Bonito/MS.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Bonito apresenta um ideário de natureza preservada, entretanto, todo o município vem passando por transformações em suas paisagens decorrentes das extensas monoculturas de soja e pecuária. Tais alterações são responsáveis em ocasionar inúmeros problemas aos mananciais da região, por conseguinte, da BHCS, como o turvamento e consecutiva perda de sua qualidade, além de elevar as fragilidades das bacias hidrográficas, isto é, a perda de seu equilíbrio.

Essas especificidades, na BHCS, dizem respeito não apenas ao manancial cênico, mas também e, principalmente, ao carste, exibindo fragilidades que se sobressaem quando relacionadas às ações antrópicas. De Waele et al. (2011) afirmam que a ação antrópica sobre o carste vem desde os períodos pré-históricos, contudo, seus impactos ainda eram restritos, mas aumentaram de forma gradativa até alcançar níveis drásticos atualmente.

Trabalhar com fragilidade direciona o debate para as conceituações de Ross (1994, p. 63), principal precursor da teoria na Geografia brasileira, definindo que “a fragilidade dos ambientes naturais face às intervenções humanas é maior ou menor em função de suas características genéticas”. A partir dessa afirmação, pode-se dizer que tal conceito vincula-se às condições em que o meio está submetido, associando os componentes físicos aos graus de proteção que os diferentes tipos de uso e cobertura das terras exercem.

Em suma, as ações antrópicas oferecem ao sistema ambiental desequilíbrios em maior ou menor grau, que na BHCS ocorre em função da intensidade de uso e da fragilidade natural advinda das rochas carbonatadas e solos frágeis perante os processos erosivos. Liu et al. (2014) resgatam a ideia de que a mudança massiva no uso e cobertura das terras são mudanças globais sentidas de forma mais clara no carste. Tal fato também é destacado por Silva e Morais (2011), que salientam a monocultura como a atividade que sobressai ao originar implicações no carste e colaborar na degradação de forma direta e/ou indireta nesse tipo de paisagem.

Isso se aplica à BHCS, como afirmam os estudos de Boggiani et al. (2002) e Brugnolli (2020) sobre o município de Bonito/MS, pois as características antrópicas trazem diversas inquietações, sobretudo pela rápida ocupação da área que potencializou a retirada das vegetações florestais para a entrada de monoculturas e pastagens, o que impacta significativamente nos recursos hídricos do município e da BHCS.

Neste viés, pesquisas como Lelis et al. (2015), Silva (2015) e Brugnolli (2020), ajudaram a entender as características das águas superficiais e quais os processos que predominam nesta região. Ainda inserida na questão ambiental, pesquisas de Boggiani et al. (2002) e Sallun Filho, Karmann e Boggiani (2004), auxiliaram na compreensão do sistema cárstico, contudo, voltados à formação do relevo no planalto da Bodoquena, bem como, a fragilidade inserida sobre a região.

Logo, esta pesquisa objetivou uma análise da BHCS com base em suas características de rochas, precipitação, relevo, solos e uso e cobertura das terras, avaliando a fragilidade ambiental e suas interferências na qualidade das águas superficiais, de modo a oferecer subsídios à possíveis tomadas de decisão voltadas para a manutenção do equilíbrio desta bacia.

MATERIAIS, TÉCNICAS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos da pesquisa foram divididos em três etapas: a) inventário dos componentes físicos; b) qualidade das águas superficiais; c) fragilidade ambiental.

A primeira etapa se inicia com a análise litológica da BHCS, utilizando dados vetoriais (*shapefiles*) das unidades morfoestruturais, disponibilizados pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) na escala de 1:750.000, por meio de seu portal “*GeoBank*”. Dados que foram manuseados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) ArcGis 10[®], em que se utilizou do sistema de coordenadas Universal Transversa de Mercator e o DATUM SIRGAS 2000 - zona 21 Sul.

Na análise pedológica foram utilizados dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), por meio de seu “GeoPortal Digital”, em que exibe um mapeamento de solos na escala de 1:100.000. Juntamente com este mapeamento foram realizadas saídas de campo ao longo de dois anos (2016 e 2018), para averiguações de tais informações (rochas e solos) com a realidade terrestre, seja através de perfis em estradas, caixas de retenção em meio às pastagens e lavouras da área e afloramentos rochosos. De tal forma, foram realizados ajustes nos mapeamentos iniciais para trazer maiores detalhes da área e dos elementos espacializados.

Com relação à precipitação, observou-se o trabalho de Zavattini (1992), em que o autor regionaliza as zonas climáticas do Mato Grosso do Sul por meio de uma proposta de classificação. Além desta, preocupou-se em avaliar e interpretar o regime pluvial do ano de 2017, utilizando seis estações pluviométricas da Agência Nacional das Águas (*HidroWeb*), todas localizadas nas proximidades da BHCS (uma no município de Bonito, duas em Porto Murtinho/MS, duas em Nioaque/MS e uma em Guia Lopes da Laguna/MS). Tais dados foram interpolados por um método muito usual na Climatologia Geográfica e na Geoestatística denominado *Krigagem*, disponível em um módulo no próprio SIG ArcGis 10[®]. A utilização desse ano de 2017 se deu diante do período de análise das águas, visto que precipitações concentradas impactam no turvamento e alteram os parâmetros físicos e químicos das águas.

A análise do relevo abrangeu a declividade, dissecação horizontal, dissecação vertical e a energia potencial erosiva do relevo. Todas estas utilizam como base o Modelo Digital de Elevação (MDE) - *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)*, obtido gratuitamente no Serviço Geológico do Estados Unidos (USGS) *Earth Explorer*, que disponibiliza tal modelo em uma resolução espacial de 30 metros.

A declividade foi realizada utilizando o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SIBCS) do ano de 2018, que define algumas classificações para os declives, como: 0,00% a 3,00% (aplainado); 3,01% a 8,00% (suave ondulado); 8,01% a 20,00% (ondulado); 20,01% a 45,00% (fortemente ondulado); 45,01% a 75,00% (montanhoso); e >75,01% (escarpado).

Enquanto a dissecação horizontal é definida por meio da delimitação das sub-bacias e microbacias com o auxílio do MDE/SRTM, em que é necessário traçar linhas que formem um ângulo de 90° com a drenagem. A distância percorrida destes pontos até o divisor de águas das microbacias é definida como a dissecação horizontal. Uma proposta metodológica de Spiridonov (1981), em que o autor afirma que quanto maior o comprimento dessas rampas, mais plano tende a ser o relevo.

Utilizando-se das mesmas bases, a dissecação vertical busca a amplitude dessas rampas, ou seja, em cada uma dessas sub-bacias e microbacias são identificadas as distâncias entre a intersecção da drenagem (fundo de vale) até o ponto de cumeada e, a partir disso, são traçadas linhas para cada margem do recurso hídrico (talvegue) até alcançar as linhas cumeadas (divisor de águas). Segundo Spiridonov (1981), quanto maior a amplitude dessas rampas, maior a força gravitacional que estas vão oferecer aos processos denudacionais.

As informações sobre as características do relevo, isto é, a declividade e as dissecações vertical e horizontal, são integradas, sistêmicas e recursos morfométricos fundamentais na análise do relevo das bacias hidrográficas. O cruzamento destas características ocorreu segundo a proposta metodológica de Mendes (1993), que elaborou a energia potencial erosiva como uma forma de verificar a capacidade que um ambiente tem de sofrer processos erosionais.

O uso e cobertura das terras foi realizado por meio do processamento digital de imagens de satélite, utilizando as imagens Sentinel 2A (sensor MSI - datada de 15 de março do ano de 2017), disponibilizadas por meio do *Earth Explorer* do USGS. Para tanto, foi indispensável o emprego dos SIG's Spring 5.2.7 e ArcGis 10[®] para manuseio dos dados vetoriais e matriciais e para o processamento digital das imagens de satélite.

Tal mapeamento abrangeu algumas etapas de acordo com Brugnolli (2020), sobretudo com relação à sequência metodológica: a) Criação de um banco de dados no SIG ArcGis 10[®]; b) Tratamentos iniciais, que incidem na transformação das projeções, transformando o DATUM WGS 1984 para SIRGAS 2000; c) Composições das Bandas 2, 3 e 4 (*R-red, G-green, B-blue*); d) Realce das assinaturas espectrais das imagens de satélite; e) Segmentação, utilizando os valores de 5 (cinco) para pixels e similaridade; f) Classificação e Mapeamento, com o classificador Histograma, que é um *clustering* de regiões; g) Reclassificação das classes de uso e cobertura das terras por meio de imagens de satélite, saídas de campo e pelo conhecimento dos pesquisadores a respeito da classificação de imagens e da área de estudo. Com essa interpretação, identificou-se classes de: áreas urbanizadas; culturas; pastagem; silvicultura; solo exposto; vegetação florestal; áreas úmidas com vegetação florestal; e áreas úmidas com pastagem.

A segunda etapa diz respeito as águas superficiais. Foram definidos dois pontos de coleta para aferição *in loco* dos parâmetros físicos e químicos das águas, observando um ponto passível de contaminação e outro próximo a nascente, avaliando suas características naturais. Para isso, se utilizou do equipamento *Horiba U-50 Series Multiparameter water Quality Unit's*. Tais parâmetros analisados são: o oxigênio dissolvido (OD), potencial hidrogeniônico (pH), temperatura da água, condutividade elétrica (CE), turbidez, potencial redox (ORP), sólidos

totais dissolvidos (TDS) e salinidade. Outra medição utilizada foi a verificação da velocidade de fluxo das águas por meio do *Global Water FP101 – FP201 Global Flow Probe*.

Dessa forma, os parâmetros foram analisados e enquadrados (Quadro I) segundo as resoluções 357/2005 e 430/2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que apresenta os limites para o enquadramento das águas doces brasileiras. Além disso, houve a aferição dos trabalhos de Pinto, Oliveira e Pereira (2009) e Brugnolli (2020), sobretudo pela condutividade elétrica que não é constatada nas resoluções do CONAMA.

Quadro 1 - Limites dos parâmetros para enquadramento das águas superficiais.

Parâmetros para o Enquadramento das Águas							
Classes	OD	pH	Turbidez	CE	TDS	ORP	Salini- dade
Classe Especial	> 10,0 mg/L	6,0 a 9,0	0 a 20 NTU	0 a 50 uS/cm	0 a 200 mg/L	0 a 300 mV	0,00
Classe I	10 a 6 mg/L	6,0 a 9,0	20 a 40 NTU	50 a 75 uS/cm	200 a 300 mg/L	300 a 400 mV	0,00
Classe II	6 a 5 mg/L	6,0 a 9,0	40 a 70 NTU	75 até 100 uS/cm	300 a 400 mg/L	400 a 500 mV	0,00
Classe III	5 a 4 mg/L	6,0 a 9,0	70 a 100 NTU	100 a 150 uS/cm	400 a 500 mg/L;	500 a 600 mV	0,00
Classe IV	< 4 mg/L	6,0 a 9,0	> 100 NTU	+150 uS/cm	> 500 mg/L	> 600 mV	> 0,00

Fonte: Resolução do CONAMA 357/2005; Pinto, Oliveira e Pereira (2009) e Brugnolli (2020).

A terceira e última etapa da metodologia consistiu na fragilidade ambiental. Essa análise seguiu a proposta de Ross (1994), que sistematiza em hierarquias representadas pelas classes Muito Baixa (1), Baixa (2), Média (3), Alta (4) e Muito Alta (5), de acordo com seu grau de fragilidade. Adotou-se critérios pré-estabelecidos para os indicadores ambientais: litologia, precipitação, solos, energia potencial erosiva e uso e cobertura das terras; conforme Quadro II.

Quadro 2 – Metodologia para a definição dos pesos dos indicadores ambiental.

Indicadores	Critérios	Elementos	Pesos	Autores	
Rochas	<ul style="list-style-type: none"> • Tempo geológico; • Estabilidade dos minerais; • Resistência das rochas. 	Grupo Corumbá	Formação Tamengo 4	<ul style="list-style-type: none"> • CPRM (2006); • Sallun Filho, Karmann e Boggiani (2004); • Campanha et al. (2011). 	
		Grupo Cuiabá	Formação Bocaina 4		
		Subunidade Carbonática	4		
		Subunidade Pelítica	2		
		Subunidade Psamítica	2		
Precipitação	<ul style="list-style-type: none"> • Índices das Chuvas. 	1200 e 1400 mm	2	<ul style="list-style-type: none"> • Crepani et al. (2001); • Zavattini (2009). 	
Solos	<ul style="list-style-type: none"> • Porosidade; • Textura; • Profundidade e Maturidade. 	Latossolos	2	<ul style="list-style-type: none"> • SIBCS (2018); • Ross (1994). 	
		Nitossolos	3		
		Chernossolos	4		
		Neossolos	5		
		Gleissolos	5		
Energia Potencial Erosiva do Relevo	Declividade	<ul style="list-style-type: none"> • Topografia • Inclinação das vertentes. 	0,00% a 3,00%	1	<ul style="list-style-type: none"> • Crepani et al. (2001); • SIBCS (2018); • Ross (1994).
			3,01% a 8,00%	2	
			8,01% a 20,00%	3	
			20,01% a 45,00%	4	
			Maior que 45,01%	5	
	Dissecação Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> • Distância do canal fluvial até o limite de sua sub-bacia; • Comprimento das rampas. 	0 a 300 metros	1	<ul style="list-style-type: none"> • Spridonov (1981); • Mendes (1993).
			301 a 600 metros	2	
			601 a 900 metros	3	
			901 a 1.500 metros	4	
			Maior que 1.501 metros	5	
Dissecação Vertical	<ul style="list-style-type: none"> • Distância da intersecção do canal com a curva de nível até o limite de sua sub-bacia; • Amplitude das rampas. 	0 a 60 metros	1	<ul style="list-style-type: none"> • Spridonov (1981); • Mendes (1993). 	
		61 a 120 metros	2		
		121 a 180 metros	3		
		180 a 240 metros	4		
		Maior que 240 metros	5		
Uso e cobertura das terras	<ul style="list-style-type: none"> • Porte dessa cobertura vegetal; • Proteção ao solo; • Densidade da Vegetação; 	Vegetação Florestal Áreas Úmidas com	1	<ul style="list-style-type: none"> • Crepani et al. (2001); • SIBCS (2018); • Ross (1994); • IBGE (2013). 	
		Vegetação Florestal Silvicultura	1		
		Pastagem	2		
		Áreas Úmidas com	3		
		Pastagem	3		
		Culturas	4		
		Áreas Urbanizadas	5		
Solo Exposto	5				

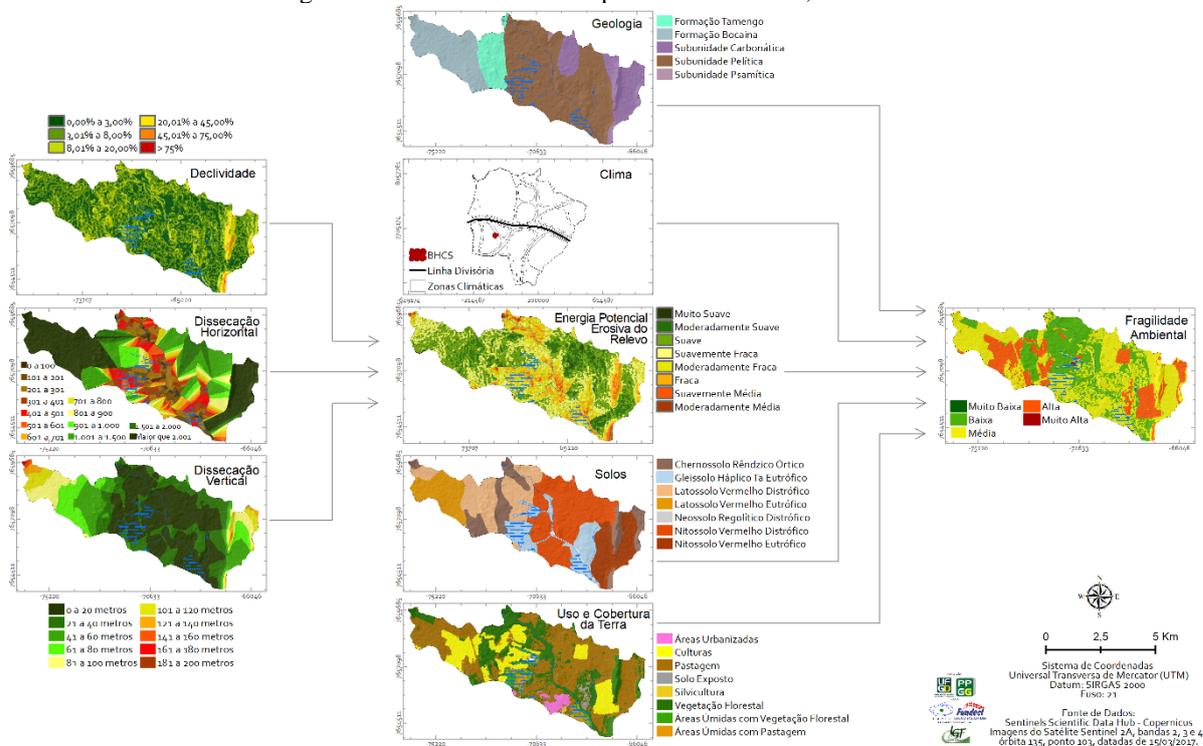
Fonte: Elaborado pelos autores.

Diante dos aspectos metodológicos citados, é importante salientar que neste trabalho a metodologia empregada na avaliação de fragilidade ambiental da BHCS envolveu a proposta das categorias hierárquicas do Ross (1994), entretanto, a elaboração dos pesos para cada variável ocorreu mediante critérios citados no Quadro 2, levando em consideração as características da área de estudo, escala utilizada (1:50.000), forma de interação dos mapas (álgebra de mapas) e conhecimento empírico dos pesquisadores envolvidos.

INVENTÁRIO DOS COMPONENTES DA BHCS

O inventário dos componentes da BHCS busca, por meio da Figura 2, expor as características marcantes no que diz respeito às rochas, precipitação, relevo (declividade, dissecação horizontal, dissecação vertical e energia potencial erosiva do relevo), solos e uso e cobertura das terras. Tais características expressaram uma bacia hidrográfica complexa e diversificada, que vai determinar algumas das particularidades das águas superficiais e, conseqüentemente, da fragilidade ambiental encontrada.

Figura 2 – Inventário dos componentes da BHCS, Bonito/MS.



Fonte: Elaborado pelos autores.

As características que definem Bonito e, por conseguinte, a BHCS, são marcadas por uma paisagem estritamente relacionada aos processos hidrogeoquímicos cársticos, que originaram uma paisagem de grande beleza cênica, contrastando com morros residuais e áreas aplainadas, como as planícies aluviais. Esse contraste, como já citado, é resultante do assentamento sobre rochas carbonatadas e terrígenas, em que os grupos Corumbá e Cuiabá são destaques.

O contexto geológico do alto curso da BHCS é definido pelas formações Tamengo e Bocaina, ambas do Grupo Corumbá, em que o predomínio é de calcário dolomítico. Esse grupo, segundo Boggiani et al. (2002), é composto por carbonatos e sílicas, enquanto Baptista, Braun e Campos (1984) afirmam possuir sedimentos detríticos de calcários e dolomitos e, por ser a

base do Grupo Corumbá, possui uma espessura de poucas centenas de metros. Assim, há uma predominância de rochas carbonatadas no alto e baixo curso, tanto do Grupo Corumbá quanto da subunidade carbonática do Grupo Cuiabá, hegemonicamente formada por mármore.

Já no médio e baixo curso, as rochas das subunidades Pelítica e Psamítica do Grupo Cuiabá são marcantes, com um predomínio dos arenitos, xistos e filitos das rochas terrígenas. Esse contexto geológico variado se torna ainda mais perceptível ao notar que a região de Bonito está situada entre duas importantes e extensas áreas serranas, isto é, a serra de Maracaju (mais distante, a leste) e a serra da Bodoquena (mais próxima, a oeste), que trazem impactos significativos sobre a precipitação da região. A estação pluviométrica de Bonito é a que apresenta os menores índices se comparada com outras estações ao redor do município e que estão na mesma zona climática proposta por Zavattini (1992).

Diante de tais características, Zavattini (1992) afirma que a dinâmica da baixa atmosfera somada aos fatores geomorfológicos, trazem à região de Bonito os avanços das massas polares, que são facilitadas pelo relevo e provocam seu avanço no sentido norte-sul. É uma região com a clara participação sazonal e anual da massa tropical continental (no norte e oeste do Mato Grosso do Sul), em que as áreas serranas geram efeitos orográficos. Portanto, o autor afirma que os índices anuais alcançam “entre 1200 e 1400 mm, com chuvas de primavera ligeiramente superiores às de verão e período outono-inverno com valores próximos de 300 mm” (ZAVATTINI, 1992, p.84).

No que diz respeito ao relevo, este é diversificado, com declives que variam das áreas extremamente planas à declivosas. Assim, constatou-se declives de 0,00% a 3,00%, onde predominam solos eutróficos e as culturas se mostram preponderantes. Por outro lado, verificou-se declives acima de 75%, expressos por morros residuais. As particularidades do relevo da BHCS foram constatadas a partir de feições cársticas mais visíveis, como grutas, cavernas e encostas escarpadas. Nessas áreas, sobretudo pelo declive, a vegetação florestal ainda se mostra resistente.

O relevo da região trouxe uma diversidade para as dissecações horizontal e vertical. Essas rampas extensas ostentam um terreno aplainado que teria pouca energia potencial erosiva do relevo, entretanto, sua amplitude (dissecação vertical) eleva a energia, deixando-a em níveis médios. Outro destaque é o médio e baixo curso, que além de apresentar altos declives devido aos morros residuais, as rampas estreitas com vales mais dissecados e alta amplitude, trouxeram os maiores índices de energia potencial erosiva do relevo, que por sua vez, vão elevar a fragilidade ambiental de acordo com as características geológicas, pedológicas e de uso e cobertura das terras.

Assim, há uma heterogeneidade que ficou caracterizada por sete tipos de solo em pouco mais de 30 km². Há um predomínio de solos eutróficos, seja Latossolos, Nitossolos e Gleissolos, que advêm, principalmente, da fertilidade natural do calcário do substrato. Os dois primeiros favorecem a implantação de culturas por estarem situados em áreas aplainadas.

O Gleissolo, que se apresenta nas planícies aluviais, é frágil, mas em sua maioria é sobreposto por vegetações florestais em áreas periodicamente inundadas. Na região central da BHCS ainda se encontra um solo característico da região de Bonito, que é o Chernossolo rênzico órtico, muito fértil, porém, exibe uma fragilidade expressiva pela facilidade do desprendimento da camada superficial, que é rica em matéria orgânica.

Ao notar a relação dos solos com a vegetação reinante e seu uso das terras, nota-se que os Chernossolos estão ligados às pastagens. Essa atividade é preocupante na bacia hidrográfica pela falta de manejo das terras, e são áreas ocupadas desde meados do século XX e, segundo Brugnolli (2020), são causadores potenciais de turvamentos recorrentes que vêm incidindo sobre os mananciais de Bonito.

As lavouras de soja adentram à discussão diante dos impactos negativos que estas vêm trazendo não só à paisagem, mas também como potencial contaminador das águas superficiais. É necessário destacar que este tipo de uso em regiões cársticas traz consigo um debate pertinente, pois os terrenos férteis e frágeis estão sujeitos às possíveis instabilidades e até solapamentos se não conhecidas suas características. Até por isso que Gillieson e Thurgate (1999), Veni et al. (2001) e Van Beynen, Brinkmann e Van Beynen (2012) afirmam que o uso agrícola no carste provoca profundas degradações ambientais, seja pela facilidade de infiltração de fertilizantes químicos pelas diaclases das rochas, alcançando os aquíferos com maior facilidade, bem como pela propensão à solapamentos diante fragilidade das rochas carbonatadas ao uso intensivo.

Torna-se imprevisível a compreensão da resposta do carste frente às ações antrópicas (desmatamento e agricultura), visto que na BHCS em 2017, apenas 20% do total da bacia hidrográfica se mostraram preservadas, com características de cerradão, cerrado típico, florestas-galeria e alguns resquícios de mata atlântica nos morros residuais.

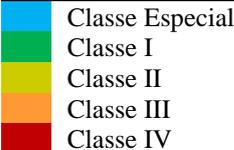
Pela BHCS estar localizada próxima a área urbana de Bonito e apresentar terrenos aplainados e suave ondulados, em sua maioria, torna-se uma região propensa à expansão da área urbana. Fato que vem ocorrendo ao sul da BHCS, principalmente pela abertura de novos loteamentos. Devido a este fato aumenta-se a propensão ao despejo de resíduos sólidos e advento de sedimentos nos mananciais.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA BHCS

A análise da qualidade das águas foi realizada mediante dois pontos de coleta nas estações chuvosa e seca de 2017, sendo possível identificar alterações tanto naturais advindas da dinâmica da própria bacia hidrográfica, quanto das ações antrópicas com potencial poluidor, como a ETE, entre outras questões abordadas a partir da Tabela I.

Tabela 1 - Parâmetros de qualidade das águas superficiais da BHCS, em 2017.

Pontos			1	2	Média
Horário	Período	Chuvoso	14:32	13:57	--
		Seco	15:30	08:52	--
OD (mg/L)	Período	Chuvoso	8,63	6,59	7,41
		Seco	6,24	5,99	7,25
CE (µS/cm)	Período	Chuvoso	616,00	324,50	509,79
		Seco	236,00	222,00	195,14
pH	Período	Chuvoso	8,39	8,16	7,73
		Seco	7,77	7,76	7,41
Turbidez (NTU)	Período	Chuvoso	6,08	41,40	5,99
		Seco	1,17	6,88	1,81
Velocidade (m/s)	Período	Chuvoso	5,28	0,25	7,03
		Seco	4,17	0,97	8,64
Temperatura Ar (°C)	Período	Chuvoso	29,99	31,05	27,84
		Seco	25,55	24,35	25,33
Temperatura Água (°C)	Período	Chuvoso	29,19	28,52	26,61
		Seco	24,71	22,85	24,16
ORP (mV)	Período	Chuvoso	282,00	334,50	251,85
		Seco	162,00	126,50	162,50
TDS (mg/L)	Período	Chuvoso	394,50	210,50	336,08
		Seco	154,00	244,50	126,53
Salinidade (%)	Período	Chuvoso	0,03	0,02	0,02
		Seco	0,01	0,01	0,01
Classes de Enquadramento	Período	Chuvoso	I	II	II
		Seco	I	II	II



- Classe Especial
- Classe I
- Classe II
- Classe III
- Classe IV

Fonte: Elaborado pelos autores.

O córrego Saladeiro é o segundo afluente da margem esquerda do córrego Bonito que, por sua vez, é afluente do rio Formoso, e apresenta uma série de características ligadas aos aspectos hidrogeológicos. Sua turbidez no médio curso (Ponto 1) é baixa, com 6,08 NTU, ou seja, apresenta reduzidas partículas em suspensão. Contribuindo para a compreensão dos dados aqui apresentados, Lelis et al. (2015) e Silva (2015) também trabalharam com um sistema cárstico, contudo, suas unidades de estudo foi a bacia hidrográfica do rio Formoso, e os dados relacionados a turbidez se aproximaram dos valores encontrados no córrego Saladeiro, por ambos terem em comum as rochas carbonatadas em sua dinâmica.

A turbidez apresenta tal aspecto no carste e em condições naturais pela capacidade de decantação dos sedimentos suspensos na água. Devido ao seu teor rico em carbonato de cálcio e magnésio, torna os sedimentos mais densos/pesados, estacionando-os no leito fluvial, elevando a translucidez das águas.

Observou-se que o córrego Saladeiro, em situação natural, retrata características das águas de ambientes cársticos, ou seja, uma água translúcida, pH alcalino e OD elevado, sobretudo por seu alto curso abranger rochas carbonatadas, conforme pode ser visto em estudos de Brugnolli (2020). Entretanto, foram notáveis as alterações de sua qualidade (entre os pontos 1 e 2), devido a presença da ETE e da área urbana a montante do ponto 2.

O córrego Saladeiro apresenta pouca vazão e reduzida velocidade de fluxo, principalmente no inverno, e a ETE despejando esgotos a montante do Ponto 2, mesmo que sejam tratados, faz com que a inserção de sólidos impeça a penetração da luz, causando a elevação da turbidez (Figura 3), além de reduzir o OD do ponto 2, modificando seus padrões naturais. Fato este que ocorre nas estações chuvosas como o verão, em que o despejo de efluente é maior, fazendo com que a turbidez atinja 41,40 NTU.

Figura 3 - Alteração das características das águas superficiais do córrego Saladeiro.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A CE, que já é elevada devido a quantidade de carbonato de cálcio e magnésio (indutores de eletricidade), reduziu de forma significativa do ponto 1 para o 2 (616,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para 324,50 $\mu\text{S}/\text{cm}$), todavia, ambos os valores são mais altos do que o aceitável para consumo humano, segundo o enquadramento (CONAMA, 2005; 2011). As oscilações da CE fazem elevar os níveis de salinidade, mas ainda não restringem a balneabilidade do local devido às características da área de estudo, entretanto, deve-se ressaltar que valores elevados já indicam possíveis contaminações, pois a salinidade de um corpo aquoso está atrelada, em sistemas cársticos, a duas questões principais: a) água com alto teor de carbonatos, elevando o TDS, CE e a salinidade; b) possível entrada de compostos químicos, físicos e biológicos no manancial hídrico.

Por outro lado, desde a nascente o córrego sai de uma superfície cárstica chegando a uma planície aluvial terrígena, caracterizada pela queda na declividade, por conseguinte, da velocidade de fluxo do manancial, que alcança 5,28 m/s para 0,25 m/s (ponto 1 para o ponto 2). Fato que impacta no OD, de 8,63 mg/L para 6,59 mg/L, porém, ainda não causam alterações no enquadramento (estão no intervalo da classe I) no verão. Já no inverno (período seco) os valores de OD reduzem, o que já torna possível enquadrar o ponto 2 na Classe II.

Diante das constatações postas neste artigo, a ETE retrata alguns riscos e problemas ambientais que já se refletem na BHCS e são sentidos atualmente, necessitando de um tratamento mais eficiente dos efluentes. Uma sugestão para minimizar os impactos desta alta carga de sedimentos no córrego Saladeiro seria a expansão da estação de tratamento, entretanto, segundo a SANESUL (s.d.), as quatro estações elevatórias de esgoto existentes na ETE possuem uma capacidade para 57.500 habitantes, e Bonito possui 19.587 habitantes (IBGE, s.d.).

Logo, frente a essa informação, pode-se afirmar que a ETE necessita de novos métodos e técnicas de trabalhar com seus efluentes, pois a estação possui infraestrutura que suporta a demanda da cidade. Esta ineficiência do tratamento se destaca em épocas de grande volume pluvial, visto que todo o baixo curso do córrego Saladeiro fica comprometido diante de tais despejos no verão.

A análise dos dados mostrou uma relação tênue entre alguns parâmetros (Tabela II). O TDS e Salinidade assumem uma interação com a CE principalmente, por tratarem de sedimentos dissolvidos na água e os sais que estes exibem. Assim, quanto maior a quantidade de sedimentos dissolvidos, sobretudo a calcita, dolomita e magnésio, que são indutores de eletricidades, mais elevada será CE.

Tabela 2 - Matriz de correlação de Pearson diante dos parâmetros de análise das águas da BHCS.

Matriz de Correlação de Pearson	OD	CE	pH	Turbi-dez	Velocidade	Temp. Ar	Temp. Água	ORP	TDS	Salinidade
OD	--	-0,07	-0,17	-0,30	0,64	-0,12	-0,14	-0,22	0,03	0,00
CE	-0,26	--	0,21	-0,61	0,05	-0,17	-0,01	-0,13	0,75	0,84
pH	-0,17	-0,31	--	0,20	-0,35	0,43	0,58	0,41	0,22	0,11
Turbidez	-0,26	-0,44	0,40	--	-0,29	0,45	0,41	0,63	-0,52	-0,61
Velocidade	0,52	-0,39	0,03	-0,24	--	-0,26	-0,26	-0,43	0,13	0,08
Temp. do Ar	-0,02	-0,53	0,11	0,43	0,16	--	0,52	0,31	-0,10	-0,17
Temp. da Água	-0,19	-0,45	0,21	0,57	0,01	0,81	--	0,47	0,16	-0,20
ORP	0,21	0,28	-0,46	-0,24	-0,06	0,23	0,28	--	-0,17	-0,31
TDS	-0,22	0,69	0,12	-0,26	-0,28	-0,38	-0,40	0,17	--	0,68
Salinidade	-0,16	0,71	-0,37	-0,04	-0,27	-0,43	-0,25	0,17	0,24	--

Chuvoso
 Seco

Fonte: Elaborado pelos autores.

A temperatura das águas apontou uma relação com a turbidez que provocou uma diminuição das temperaturas, devido ao fato da elevada turbidez dificultar a entrada de raios solares (reduz as temperaturas), além de afetar a capacidade de oxidação da água, ligada diretamente com a proliferação das bactérias. Logo, o ORP está atrelado à turbidez. Por fim, a velocidade de fluxo das águas e o OD apresentam íntima relação, pois quanto maior a velocidade de fluxo, mais altos serão os valores de OD pelo turbilhamento das águas, oxigenando-as.

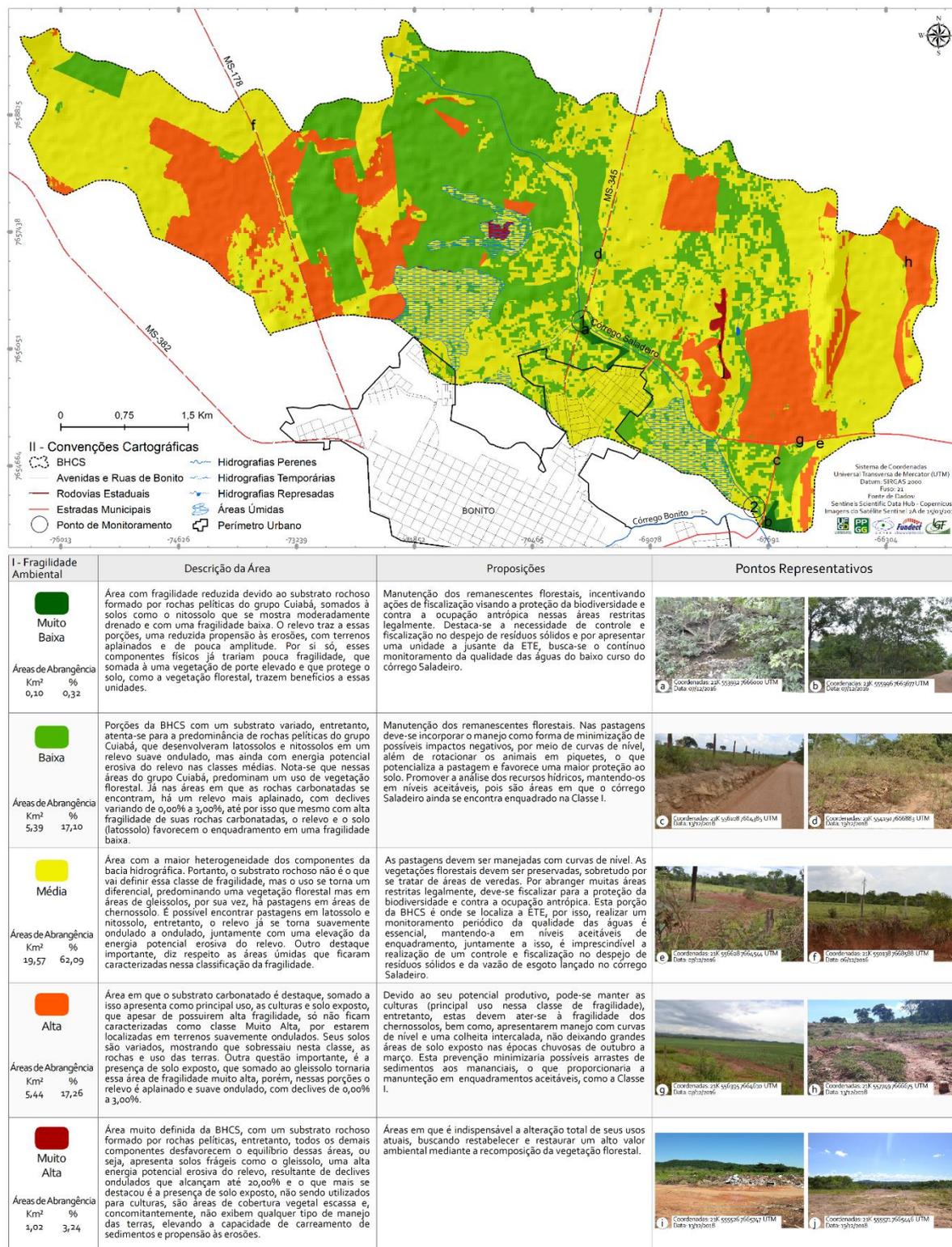
Tais análises mostraram que os próprios parâmetros são alterados naturalmente, entretanto, alguns pontos devem ser destacados, como o caso do Ponto 2, em que a ETE causa o desequilíbrio no baixo curso do córrego Saladeiro em estações chuvosas; além da própria área urbana, pela grande quantidade de resíduos domésticos, industriais e comerciais encontrados no manancial e em suas margens. Essas questões elevam a necessidade de se entender a BHCS aliando os aspectos físicos, antrópicos e as características dos recursos hídricos.

A FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO SALADEIRO: PROPOSIÇÕES PARA O USO E COBERTURA DAS TERRAS E QUALIDADE DAS ÁGUAS

Essa avaliação da fragilidade ambiental foi possível graças à interação entre os componentes físicos e antrópicos, que oferecem informações capazes de definir restrições e traçar algumas sugestões de melhoria ao uso das terras e para a manutenção da qualidade das

águas em níveis aceitáveis, inserido nas resoluções do CONAMA (2005; 2011), conforme pode ser visualizado na Figura 4.

Figura 4 – Fragilidade ambiental da BHCS, Bonito/MS.



Fonte: Elaborado pelos autores.

As feições existentes na BHCS expõem a heterogeneidade dos componentes da paisagem, como as rochas carbonatadas e terrígenas, que resultaram em relevos variados, com uma grande diversidade de solos. Essa relação e interação dos componentes explicitam o uso reinante e, com isso, se faz compreender a fragilidade ambiental da BHCS, que por meio da espacialização dos elementos que a integram, expõem os pontos críticos da bacia e torna possível elaborar um documento síntese.

A análise da fragilidade ambiental a partir do documento síntese elaborado, foi dividida em cinco classes: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. Com isso, as análises iniciaram-se com a classe muito baixa, constatadas no médio e baixo curso, que a fez abranger 0,32% do total da BHCS. Essas unidades estão situadas em rochas pelíticas do Grupo Cuiabá que, por apresentarem uma resistência mais elevada ao intemperismo, sua fragilidade é reduzida, somado a isso, o Nitossolo também favorece tal classificação por ser moderadamente drenado e profundo. As planícies aluviais compõem as características de relevo desta classe, em que a declividade reduzida e baixa amplitude faz com que a energia potencial erosiva do relevo seja baixa.

Outro componente relevante que influenciou essa classificação foi a vegetação florestal, que protege o solo contra a ação pluvial, facilitando a infiltração e mitigando o escoamento superficial. De tal forma, sugere-se que haja uma manutenção destes remanescentes florestais, incentivando ações de fiscalização de modo a proteger a biodiversidade, principalmente quando se trata de ocupação antrópica nas áreas restritas legalmente. Tal preocupação torna-se relevante diante da retirada massiva de vegetações florestais no município de Bonito, que vem impactando seriamente nos recursos hídricos, portanto, tais ações auxiliam na manutenção dos parâmetros físicos e químicos.

Em se tratando da classe baixa, se destacou um substrato que abrange tanto rochas pelíticas do Grupo Cuiabá, quanto carbonatadas das formações Bocaina e Tamengo, além da subunidade Carbonática do Grupo Cuiabá. Na paisagem se destacam as vegetações florestais. Os solos são caracterizados pelos Latossolos, altamente intemperizados, porém, apresentam uma capacidade de infiltração e boa drenagem, o que reduz o escoamento superficial.

Essa classe está esparsa ao longo de toda a bacia, abrangendo um total de 17,10%. Por conseguinte, indica-se uma manutenção dos remanescentes florestais e das pastagens, incorporando um manejo como forma de minimização de possíveis impactos negativos, por meio de curvas de nível e a rotação dos animais em piquetes, o que potencializaria a pastagem e favoreceria uma maior proteção ao solo.

A classe média compõe a maior heterogeneidade dos componentes da bacia hidrográfica, e representa um total de 62,09% de todo contexto da BHCS. Essa heterogeneidade não permite diferenciar de forma geral o substrato, pois abrangem diversos tipos de formações geológicas, apenas destaca-se a vegetação florestal em áreas de Gleissolos e de veredas, além de pastagens em áreas de Chernossolo.

Algumas pastagens foram encontradas em Latossolo e Nitossolo, o que reduziria sua fragilidade, mas essas áreas se localizam em um relevo suave ondulado a ondulado com uma energia potencial erosiva do relevo mais elevada. Assim, sugere-se para essa classe de fragilidade, que as pastagens passem pela implantação de um manejo das terras. Há uma preocupação latente no que diz respeito às estradas que cortam essa classe, pois em sua maioria, não apresentaram sistemas de drenagem responsáveis em conter ou dissipar as águas pluviais por meio de valas laterais e/ou caixas de retenção.

Aconselha-se que as vegetações florestais sejam preservadas por tratar de veredas e por abranger muitas áreas restritas legalmente. É nesta classe que está inserida a ETE, que provoca alguns impactos negativos ao córrego Saladeiro, reduzindo sua qualidade em épocas chuvosas. Logo, é imprescindível a realização de um monitoramento periódico da qualidade das águas, realizando o controle e fiscalização no despejo de resíduos sólidos e da vazão de esgoto lançado.

A classe alta representou 17,26% da BHCS e constatou-se características carbonatadas advindas do substrato. Seu uso principal são as culturas e solo exposto e por estarem localizadas em terrenos aplainados a suave ondulado, os processos erosivos são reduzidos, entretanto, por não apresentar cobertura que proteja o solo, no caso das culturas em épocas de colheita, a atenção deve ser redobrada com o desenvolvimento de erosões e consecutivo carreamento de sedimentos aos recursos hídricos.

Esta preocupação tornou-se relevante devido ao intenso processo de transformação da paisagem do município de Bonito/MS, com uma forte inclinação à ampliação das áreas de lavouras. A entrada das culturas resultaria no avanço da fragilidade alta da BHCS, naturalmente pelo cárstico e, em algumas localidades, pelos Chernossolos que são férteis, porém frágeis. Portanto, as culturas devem ter um manejo com curvas de nível e uma colheita intercalada, evitando grandes áreas de solo exposto nas épocas chuvosas, ou seja, de outubro a março. As consequências dos solos expostos já foram descritas, e ao estarem sobre os Gleissolos, sua classificação seria de fragilidade muito alta, porém, o que minimizou foi o relevo aplainado e suave ondulado do médio curso, com declives de 0,00% a 8,00%.

Os talus e as bordas dos morros residuais também foram classificadas na fragilidade alta, com declives acima de 45%, alguns de seus solos e rochas também favorecem uma alta fragilidade, mas a vegetação florestal minimiza uma classificação mais problemática.

Por fim, a classe muito alta de fragilidade abrangeu apenas 3,24% da BHCS, e está inserida em um contexto de solos frágeis, como o Gleissolo. Possui um relevo que pode alcançar 20,00% de declive, com amplitudes mais elevadas, rampas estreitas e uma alta energia potencial erosiva do relevo. A partir de tal caracterização, verificou-se o quão frágil são essas áreas, mas, com base nos trabalhos de campo e nas imagens de satélite, constatou-se atividades com elevado grau de contaminação, como o aterro controlado de Bonito/MS, além da presença de solos expostos.

Segundo dados obtidos junto à Prefeitura Municipal de Bonito (2019), o aterro exibe um controle e separação dos tipos de resíduos, em setor e/ou valas específicas, e posteriormente recebem cobertura, não auferindo impermeabilização do solo, dispersão de gases e nem tratamento do chorume. Mesmo com essa falta de impermeabilização, ainda não foi constatada a interferência do aterro na qualidade das águas do córrego Saladeiro.

Por conta da insuficiência do aterro controlado, foram verificados em trabalhos de campo alguns problemas, como o mau cheiro, animais sobrevoando a região e a existência de materiais que possibilitam o acúmulo de água, isto é, pneus e garrafas, o que facilita a proliferação dos mosquitos transmissores de doenças, além de contaminar o solo e ser prejudicial para as áreas com alta fragilidade.

A partir das análises efetuadas neste trabalho, apontando as áreas mais frágeis da BHCS e seus respectivos usos, tornou-se possível assinalar algumas medidas que minimizem os impactos sobre as águas, buscando restabelecer e restaurar o alto valor ambiental. Tais medidas se direcionam ao manejo adequado, nas lavouras e pastagens, com a inserção de curvas de níveis; plantio direto nas lavouras; instalação de valas laterais e/ou caixas de retenção nas estradas, com o intuito de dissipar a energia das águas pluviais, o que evitar-se-iam os processos erosivos; rotação dos animais em piquetes; recomposição da vegetação florestal; maior eficiência no tratamento dos efluentes da ETE; e a substituição do aterro controlado para o aterro sanitário, em que haveria um nivelamento do terreno, impermeabilizando o solo com uma base de argila e uma manta de PVC, posteriormente, haveria drenagem do chorume, tratando-o e devolvendo ao meio ambiente sem risco de contaminação.

Tais medidas são fundamentais pelo fato das atividades presentes na BHCS propiciarem alterações na qualidade das águas superficiais, sendo este elemento considerado um insumo

para a economia local, por pertencer à dinâmica de uma das bacias mais importantes da região no contexto econômico, social e ambiental, isto é, a bacia hidrográfica do rio Formoso.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Acredita-se no alcance dos objetivos traçados, compreendendo a BHCS como um sistema peculiar, em que seus componentes exibiram uma heterogeneidade na paisagem. Essa diversidade modelou um relevo com rampas aplainadas à morros residuais com declives acentuados, isso desenvolveu: solos profundos, como o Latossolo e Nitossolo; solos rasos, como o Gleissolo; e solos extremamente férteis, porém frágeis, como o Chernossolo.

De tal forma, o carste se mostra primordial não só no modelado superficial, mas também na análise e interpretação da qualidade das águas. Estas, exibem uma característica magnésica, calcítica e carbonatada, que se mostraram marcantes no córrego Saladeiro, entretanto, a ETE atinge de forma negativa estas águas, sobretudo pela vazão de esgoto lançada no manancial.

Essa análise proporcionou a elaboração de diversas propostas de melhoria para uso das terras e qualidade das águas, em que lida-se com: a manutenção dos remanescentes florestais e, conseqüente melhoria e/ou manutenção da qualidade das águas; implantação de manejo das terras nas pastagens, sobretudo aquelas localizadas em relevos ondulados como do médio curso; manejo das terras nas culturas e a intercalação de colheitas, não deixando grandes áreas de solo exposto em épocas chuvosas; o contínuo monitoramento das águas superficiais; e verificar o volume de esgoto lançado pela ETE, que não condiz com a vazão do córrego Saladeiro, o que impacta negativamente em seus parâmetros físico-químicos.

Para a manutenção e conservação destas áreas faz-se necessário estudos que compreendam as conseqüências dos fenômenos que atuam sobre as especificidades dos sistemas ambientais; a elaboração de políticas públicas que envolvam a resiliência de tais sistemas; propostas para as atividades econômicas já instaladas; projetos que adequem os manejos ao carste; estudos que busquem monitorar e avaliar os principais elementos que compõem as belezas cênicas da área, possibilitando, caso haja alterações negativas, mitigar (ou eliminar) tais impactos; dentre outras questões que possam evitar os inúmeros problemas ambientais potencialmente causadores de contaminação e/ou poluição dos recursos hídricos e perturbações no frágil sistema cárstico.

Desse modo, a região de Bonito é reconhecida por suas vegetações e aceitável qualidade de suas águas, entretanto, tal panorama, mais notório aos olhos dos turistas, disfarça muitas condições alarmantes. Os grandes mananciais, aproveitados para fins turísticos não podem ser

a tônica dessa região, ao passo que os tributários, como o caso da BHCS, vêm, ininterruptamente, padecendo com impactos negativos causados pelas atividades agropecuárias. Alicerçado nessas questões que essa pesquisa se preocupou em analisar uma bacia hidrográfica relativamente pouco extensa, mas que integra e é essencial para o equilíbrio das extensas bacias hidrográficas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT) para o desenvolvimento da pesquisa. O projeto foi desenvolvido na Universidade Federal da Grande Dourados, com o auxílio dos Laboratórios de Geografia Física - LGF (www.lgf-neef.com) e de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (LaPGRH-UFMS).

REFERÊNCIAS

- ANA, Agência Nacional das Águas. **Portal HidroWeb**. s.d. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/rest/api/inventario/download>. Acesso em: jan. de 2019.
- BAPTISTA, M. B.; BRAUN, O. P. G.; CAMPOS, D. A. **Léxico estratigráfico do Brasil**. Brasília: DNPM-CPRM, 560 p. 1984.
- BOGGIANI, P. C.; COIMBRA, A. M.; GESICKI, A. L.; SIAL, A. N.; FERREIRA, V. P.; RIBEIRO, F. B.; FLEXOR, J. M. 2002. Tufas Calcárias da Serra da Bodoquena, MS - Cachoeiras petrificadas ao longo dos rios. In: Schobbenhaus, C.; Campos, D. A.; Queiroz, E. T.; Winge, M.; Berbert-Born, M. L. C. (Edits.) **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. 1. ed. Brasília: DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), v. 1. p. 249-259, 2002.
- BRASIL. LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997. **Diário Oficial da União**: Institui a Política Nacional de Recursos hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.
- BRUGNOLLI, R. M. **Procedimentos metodológicos para análise da vulnerabilidade ambiental em bacias hidrográficas com um estudo de caso da bacia hidrográfica do Córrego Moeda, Três Lagoas/MS em 2014**. 2016. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Três Lagoas, 2016.
- BRUGNOLLI, R. M. **Zoneamento Ambiental para o Sistema Cárstico da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, Mato Grosso do Sul**. 2020. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciências Humanas, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2020.

BRUGNOLLI, R. M.; BEREZUK, A. G.; SILVA, C. A. da. A Morfometria da Bacia Hidrográfica do Rio Mimoso, um Sistema Cárstico do Mato Grosso do Sul/Brasil. **Revista Confins**, Paris, n. 40, p. 1-22, 2019.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução 357/2005, Dispõe sobre a classificação dos recursos hídricos e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Governo Federal, Brasília. **Diário Oficial da União**, n 92, de 17 de março de 2005, Seção 1, 89p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução 430/2011, Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Governo Federal, Brasília. **Diário Oficial da União**, n 92, de 13 de maio de 2011, Seção 1, 89p.

CPRM, COMPANHIA DE PESQUISA E RECURSOS MINERAIS. **Litologia e Recursos Minerais do estado de Mato Grosso do Sul**. Brasília, CPRM, 2006. 144p.

DE WAELE, J.; GUTIÉRREZ, F.; PARISE, M.; PLAN, L. Geomorphology and natural hazards in karst areas: A review. **Geomorphology**, v.134, p. 1-8. 2011.

EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília, 2018. 353p.

ESRI 2011. **ArcGIS Desktop**: Release 10. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.

GILLIESON, D.; THURGATE, M. Karst and agriculture in Australia. International. **Journal of Speleology**, 1999, N° 28, p. 149-168.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. s.d. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: jan. de 2019.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de uso da terra**. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 91 p.

LELIS, L. R. M.; PINTO, A. L.; SILVA, P. V. da; PIROLI, E. L.; BRUGNOLLI, R. M.; GOMES, W. M. Qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Formoso, Bonito - MS. **Revista Formação**, Presidente Prudente, v. 2, p. 279-302, 2015.

LIU, Y.; HUANG, X.; YANG, H.; ZHONG, T. Environmental effects of land-use/cover change caused by urbanization and policies in Southwest China Karst area—A case study of Guiyang. **Habitat International**. v. 44, p. 339–348, 2014.

MENDES, I. A. **A dinâmica erosiva do escoamento pluvial na bacia do Córrego Lafon – Araçatuba – SP**. 1993. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

PINTO, A. L.; OLIVEIRA, G. H.; PEREIRA, G. A. Avaliação da eficiência da utilização do oxigênio dissolvido como principal indicador da qualidade das águas superficiais da Bacia do Córrego Bom Jardim, Brasilândia/MS. In: **II Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul**: Recuperação de Áreas Degradadas Serviços Ambientais e Sustentabilidade, 2009, Taubaté/SP. Taubaté: Editora da IPABHi, 2009. v. 1. p. 553-560.

PIROLI, E. L. **Geoprocessamento aplicado ao estudo do uso das terras das áreas de preservação permanente nos corpos d'água da bacia hidrográfica do Rio Pardo**. 2013. Tese (Livre Docência em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento) - Universidade Estadual Paulista, Ourinhos, 2013.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BONITO. **Prefeitura de Bonito mostra organização do aterro controlado, porém reconhece que deve ser provisório**. 2019. Disponível em: <http://www.bonito.ms.gov.br/noticias/prefeitura-de-bonito-mostra-organizacao-do-aterro-controlado-porem-reconhece-que-deve-ser-provisorio>. Acesso: abr. de 2019.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 8, p. 63-73, 1994.

SALLUN FILHO, W.; KARMANN, I.; BOGGIANI, P. C. Paisagens Cársticas da Serra da Bodoquena (MS). In: **Litologia do continente Sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**, Chapter: XXV, Publisher: Ed. Beca, Editors: Virgínio Mantesso-Neto, Andrea Bartorelli, Celso Dal Ré Carneiro, Benjamin Bley de Brito-Neves, 2004. p.424-433.

SANESUL, EMPRESA DE SANEAMENTO DE MATO GROSSO DO SUL. **Tratamento de Esgotos**. Disponível em: <http://www.sanesul.ms.gov.br/tratamento-de-esgoto>. Acesso em: mar. de 2019.

SILVA, F. F. da.; MORAIS, F. de. Índice de perturbações ambientais em áreas cársticas do estado do Tocantins – primeira aplicação no Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 9, n. 3, p. 766–777. 2016.

SILVA, P. V. da. **A Importância da água para a percepção turística na bacia do rio Formoso em Bonito-MS**. 2015. 259 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente. 2015.

SPIRIDONOV, A. I. **Princípios de la metodología de las investigaciones de campo y El mapeo geomorfológico**. Havana: Universidad de la Havana, Facultad de Geografía, 1981. 3v.

SPRING. **Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling**. Camara G, Souza RCM, Freitas UM, Garrido J Computers & Graphics, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

USGS, UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Sentinel 2A**. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: mai. de 2016.

USGS, UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **SRTM – Modelo Digital de Elevação**. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: mai. de 2016.

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.

VENI, G.; DUCHENE, H.; CRAWFORD, N.C.; GROVES, C.G.; HUPPERT, G.N.; KASTNING, E.H.; OLSON, R.; WHEELER, B.J. Living with karst, a fragile foundation. **AGI Environmental Awareness Series**. American Geological Institute, v. 4. 2001.

ZAVATTINI, J. A. **Dinâmica climática no Mato Grosso do Sul**. **Geografia**, Rio Claro, v. 17, n. 2, p.65-91, 1992.