

# A MORFOMETRIA DA REDE DE DRENAGEM EM UM SISTEMA CÁRSTICO: O CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO TAQUARAL, BONITO/MS

Rafael Brugnolli Medeiros<sup>1</sup>

André Luiz Pinto<sup>2</sup>

Lorrane Barbosa Alves<sup>3</sup>

**RESUMO:** Estudar ambientes cársticos denota introduzir-se em um sistema com particularidades que trazem consigo uma indubitável beleza cênica e características ímpares no que diz respeito aos recursos hídricos, sobretudo ao notar uma prevalência de drenagens criptorreicas. De tal forma, essa pesquisa buscou analisar a rede de drenagem da bacia hidrográfica do córrego Taquaral, localizada no município de Bonito/MS. Utilizou-se, nesta pesquisa, a proposta metodológica elaborada por Christofolletti (1980), que visa uma interpretação morfométrica com as análises areal e linear. Como resultado, aponta-se que essa bacia hidrográfica, por apresentar um sistema cárstico, possui poucos canais superficiais, e os canais de primeira ordem são curtos e *runoffs* escassos que refletem um coeficiente de manutenção baixo para uma bacia hidrográfica de 106 km<sup>2</sup>, delineados por um perímetro altamente irregular. Tal fato, refletiu em um índice de circularidade baixo (0,25). Concluindo assim, que a bacia se identificou realmente com o que a literatura explana sobre as drenagens de sistemas cársticos, com raros canais fluviais e estes, pouco extensos. O córrego Taquaral apresenta uma grande extensão, entretanto, sofre constantemente com o abastecimento destes pequenos afluentes, comprometendo sua perenidade.

**Palavras-Chave:** Rochas Carbonatadas; Hierarquia Fluvial; Caracterização Morfométrica; Drenagem Fluvial.

## THE MORPHOMETRY OF THE DRAINAGE NETWORK IN A KARSTIC SYSTEM: THE CASE OF THE HYDROGRAPHIC BASIN OF THE TAQUARAL STREAM, BONITO/MS

---

<sup>1</sup> Doutor em Geografia pela Universidade Federal da Grande Dourados - Laboratório de Geografia Física - Rodovia Dourados - Itahum, km12 - Cidade Universitária. Caixa Postal 533 - CEP: 79.804-970 - rafael\_bmedeiros@hotmail.com;

<sup>2</sup> Docente do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - Três Lagoas - andrepintofontanetti@gmail.com;

<sup>3</sup> Doutoranda em Geografia pela Universidade Federal da Grande Dourados - Laboratório de Geografia Física - lorrane.iza@bol.com.br.

**ABSTRACT:** Studying karst environments means introducing yourself into a system with particularities that bring with it an undoubted scenic beauty and unique characteristics with regard to water resources, especially when noting the prevalence of cryptorean drains. In such a way, this research sought to analyze the drainage network of the hydrographic basin of the Taquaral stream, located in the city of Bonito/MS. In this research, the methodological proposal developed by Christofolletti (1980) was used, which aims at a morphometric interpretation with the sandy and linear analyzes. As a result, it is pointed out that this hydrographic basin, having a karstic system, has few superficial channels, and the first order channels are short and scarce runoffs that reflect a low maintenance coefficient for a 106 km<sup>2</sup> hydrographic basin, delineated by a highly irregular perimeter. This fact was reflected in a low circularity index (0.25). Concluding thus, that the basin was really identified with what the literature explains about the drainage of karst systems, with rare river channels and these, not very extensive. The Taquaral stream has a large extension, however, it constantly suffers from the supply of these small tributaries, compromising its longevity.

**Keywords:** Carbonated Rocks; Fluvial Hierarchy; Morphometric Characterization; Fluvial Drainage.

## **LA MORFOMETRÍA DE LA RED DE DRENAJE EN UN SISTEMA KARSTICO: EL CASO DE LA CUENCA DEL ARROYO TAQUARAL, BONITO/MS**

475

**RESUMEN:** Estudiar entornos kársticos significa introducirse en un sistema con particularidades que traen consigo una belleza escénica indudable y características únicas con respecto a los recursos hídricos, especialmente cuando se observa la prevalencia de desagües de criptoranos. De esta manera, esta investigación buscó analizar la red de drenaje de la cuenca hidrográfica de la corriente Taquaral, ubicada en la ciudad de Bonito/MS. En esta investigación, se utilizó la propuesta metodológica desarrollada por Christofolletti (1980), que apunta a una interpretación morfométrica con los análisis arenosos y lineales. Como resultado, se señala que esta cuenca hidrográfica, que tiene un sistema kárstico, tiene pocos canales superficiales, y los canales de primer orden son escorrentías cortas y escasas que reflejan un bajo coeficiente de mantenimiento para una cuenca hidrográfica de 106 km<sup>2</sup>, delineada por un perímetro muy irregular. Este hecho se reflejó en un bajo índice de circularidad (0.25). Concluyendo así, que la cuenca se identificó realmente con lo que la literatura explica sobre el drenaje de los sistemas kársticos, con canales de ríos raros y estos, no muy extensos. La corriente Taquaral tiene una gran extensión, sin embargo, sufre constantemente el suministro de estos pequeños afluentes, comprometiendo su longevidad.

**Palabras clave:** Rocas Carbonatadas; Jerarquía Fluvial; Caracterización Morfométrica; Drenaje Fluvial.

## INTRODUÇÃO

Essa pesquisa objetivou trabalhar com uma bacia hidrográfica sul-mato-grossense. A Bacia Hidrográfica do Córrego Taquaral (BHCT), localizada no município de Bonito, tem como característica o seu sistema cárstico, formado por rochas carbonatadas, compostas pelo carbonato de cálcio  $CaCO_3$  e magnésio  $CaMg(CO_3)_2$ , que pela reação de hidrólise da calcita resulta no bicarbonato de cálcio ( $Ca(HCO_3)_2$ ) e apresenta um alto grau de dissolução de seus sedimentos químicos (BRUGNOLLI, 2020). A dinâmica e as relações desse sistema possibilitam uma indubitável beleza cênica em suas paisagens.

Logo, trabalhar com sistemas cársticos denota introduzir-se em uma área com características singulares, em que este elemento “karst” e suas funções desempenham papel de destaque em bacias hidrográficas, sobretudo ao trabalhar com os mananciais hídricos. O regime das águas determina suas feições, principalmente em um sistema ainda considerado recente, visto que possui vários estágios de desenvolvimento, que pode ser descontínuo ao longo do período geológico e o atribui uma atitude cíclica (BRUGNOLLI, 2020).

De tal forma, ao trabalhar com tais determinações para se caracterizar um sistema cárstico, Fabri *et al.* (2014) afirmam que a morfologia e hidrologia são específicas, desenvolvidas tanto em superfície como em subsuperfície, resultantes da circulação hídrica. A dissolução da rocha pela água, embora possa não ser, basicamente, o fator predominante no sistema em questão, é mais importante neste do que em qualquer outro tipo de relevo.

Essas paisagens cársticas se distinguem de outras paisagens pela ação e percolação das águas de forma criptorreica e vertical, pelas fendas e fraturas das rochas calcárias, e estão estritamente relacionadas com as características das estruturas superficiais dessas paisagens.

Com isso, pesquisar sistemas cársticos e suas drenagens requer discutir algumas questões que não devem ser desprezadas, como destacam Waele *et al.* (2011), afirmando que desde os períodos pré-históricos o carste vem se modificando com as atividades antrópicas, contudo, seus impactos ainda eram restritos, mas aumentaram gradativamente até alcançar níveis drásticos atualmente. Os autores ainda citam cinco importantes questões a serem tratadas em estudos sobre o carste, haja vista a ocorrência de situações ameaçadoras e prejudiciais ao sistema.

A primeira delas está relacionada a uma prevalência de drenagem subterrânea por meio de aquíferos, em que a água e os poluentes circulam rapidamente; a segunda vincula-se ao caráter oculto da rede de condutos subterrâneos, o que torna complexo prever a resposta do sistema cárstico às múltiplas alterações induzidas pelas ações antrópicas; a terceira está vinculada à baixa resiliência e alta sensibilidade dos componentes geomórficos e hidrológicos dos sistemas cársticos, quando afetados por perturbações externas; a quarta questão é a alta solubilidade e baixa resistência mecânica das rochas evaporíticas, favorecendo o rápido desenvolvimento de cavidades e sumidouros; e a quinta diz respeito ao manejo inadequado dos sistemas cársticos, que devido à sua complexidade e comportamento peculiar, requer um aconselhamento especializado, comumente evitado (WAELE *et al.* 2011).

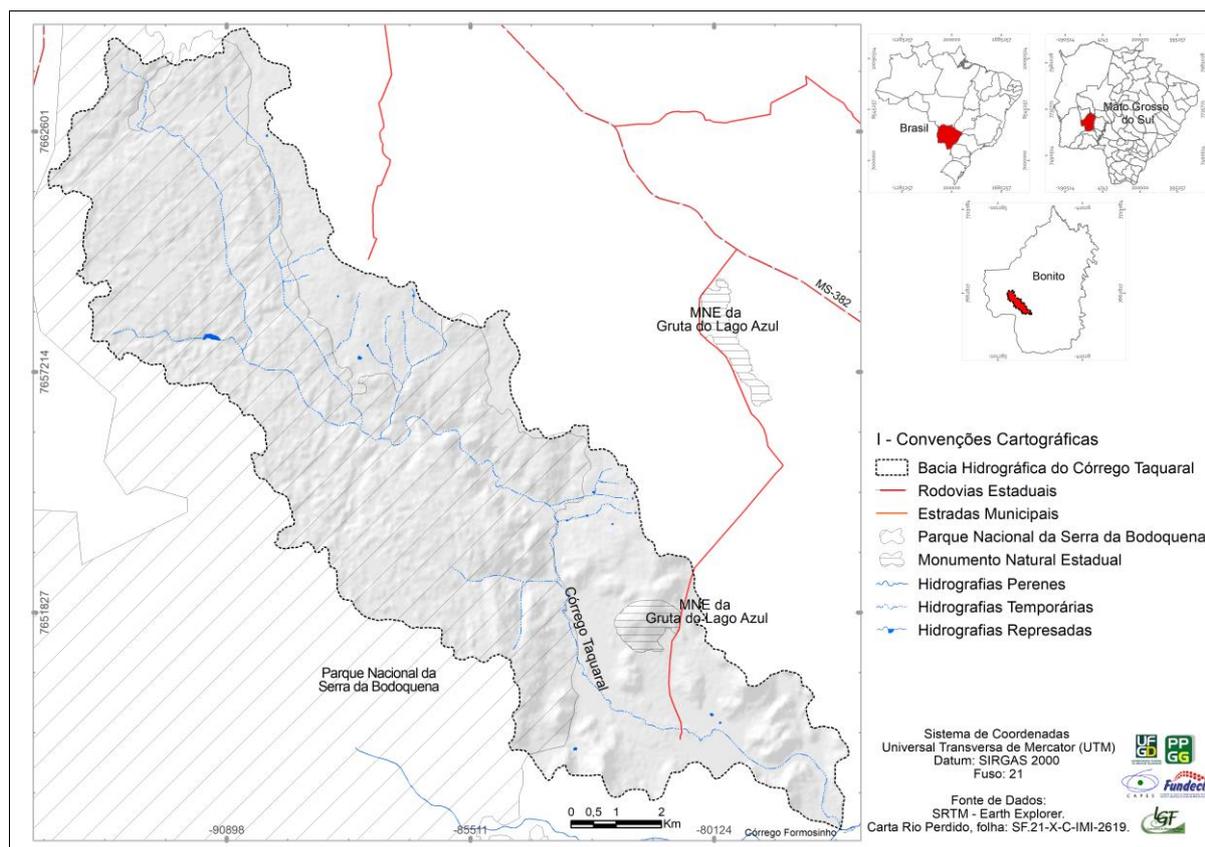
Como descrito, diversos cuidados devem ser destacados ao compreender um sistema cárstico, e Bonito/MS mesmo sendo referência em diversas pesquisas, há um déficit de estudos que abarquem as temáticas ambientais do município, a ampla predominância são vinculados à um viés turístico. Até por isso, estudos como este, voltados aos mananciais hídricos superficiais, que não seja direcionado apenas ao turismo, são essenciais para a elaboração de um banco de dados sobre a região, tão importante para o Estado de Mato Grosso do Sul.

Outra particularidade da BHCT se refere ao Parque Nacional (PARNA) da Serra da Bodoquena, criado pelo decreto de 21 de setembro de 2000 (BRASIL, 2000), com a intenção de preservar, conservar e recuperar as áreas do PARNA, que possui um imensurável valor ambiental, científico e turístico, com diversas jazidas de mármore e calcário, sítios arqueológicos e a grande quantidade de cavernas, dolinas, mogotes, entre outras feições cársticas que individualizam a paisagem da Serra da Bodoquena. Estas feições as tornam prósperas, ao mesmo tempo em que ocorrem inquietações acerca de sua gestão.

Assim, entender a dinâmica do sistema cárstico por meio das particularidades hidrogeológicas e morfométricas das águas da BHCT foi o objetivo principal deste trabalho, que pode fornecer a concepção de seu "*modus operandi*", que possibilita auxiliar gestores e planejadores da região em uma melhor concepção sobre a resiliência da bacia.

## ÁREA DE ESTUDO

A BHCT está situada a sudoeste do Mato Grosso do Sul (**Figura 1**), com uma área de 106,06 km<sup>2</sup>. O córrego Taquaral apresenta uma extensão de 25,71 km, com suas nascentes situadas na Serra da Bodoquena. Já sua foz localiza-se no médio curso e na margem esquerda do córrego Formosinho, importante manancial utilizado para diversas atratividades turísticas de Bonito, como balneários.



**Figura 1:** Localização da bacia hidrográfica do córrego Taquaral, Bonito/MS.

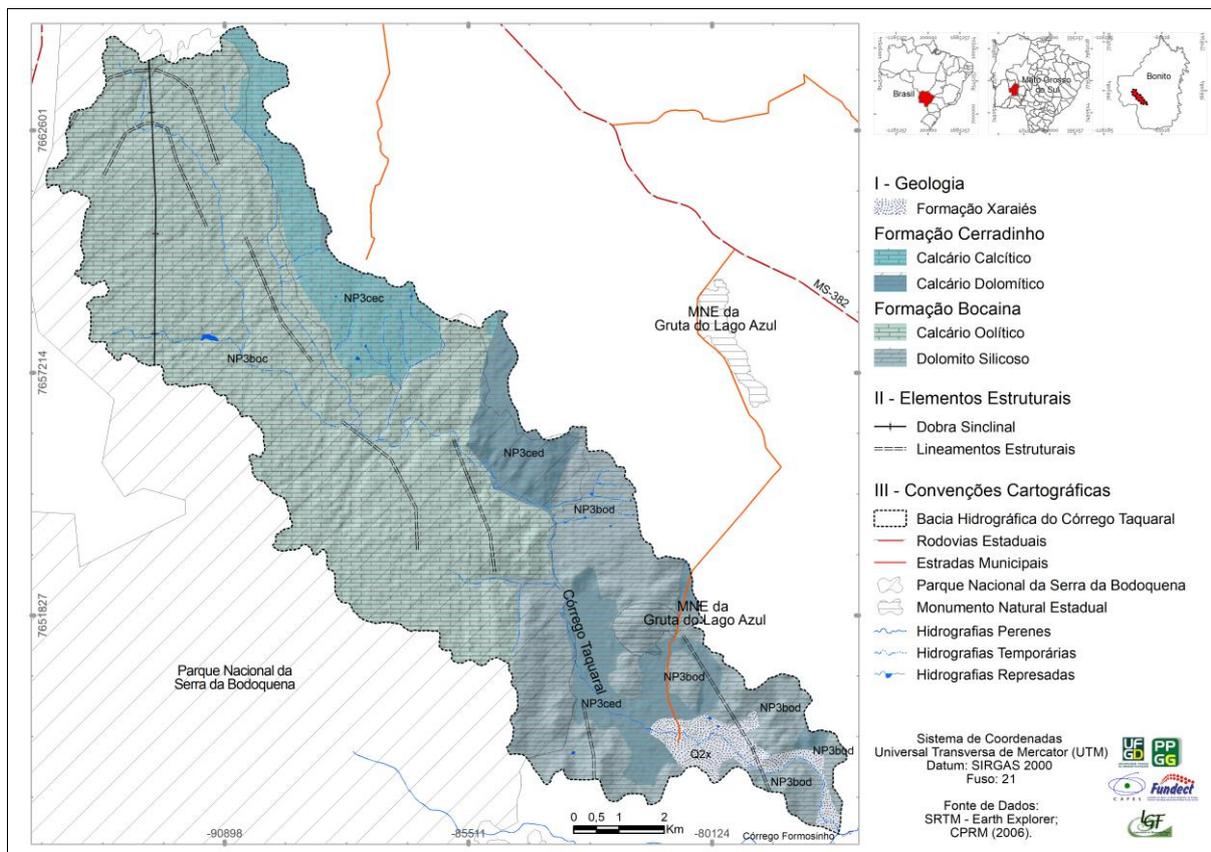
Visando uma breve caracterização da área de estudo, discutiu-se o clima regional, em que a BHCT, segundo a classificação climática do estado, proposta por Zavatini (1992), está inserida na região sudoeste, em uma zona climática controlada por massas tropicais e polares, com a atuação da massa polar atlântica e participação efetiva da massa tropical continental. A BHCT pertence ao contexto “Planalto da Bodoquena”, que é uma das feições climáticas individualizadas, com “índices anuais entre 1200 e 1400 mm, chuvas de primavera ligeiramente superiores às de verão e período outono-inverno com valores próximos a 300 mm” (ZAVATINI, 1992, p.84).

Esse contraste entre a Serra da Bodoquena e o planalto da Bodoquena explica muitas das características hipsométricas da região, com diferenças altimétricas notáveis. Estas variações se destacam na paisagem desde serras alongadas, morros residuais com vales em “v” que perpassam toda a serra da Bodoquena (na borda oeste da bacia), com altitudes de 720 metros, até

superfícies aplainadas, suave onduladas e planícies aluviais nas proximidades da foz do córrego Taquaral, que alcançam 300 metros de altitude (BRUGNOLLI, 2020).

Tais particularidades são explicadas pela influência das rochas carbonatadas, que definem uma região verdadeiramente cárstica. Kohler e Castro (2009) contrapõe essa afirmação, destacando que as rochas (in)solúveis em água também são consideradas cársticas, tais como evaporitos, quartzitos, granitos e basaltos, mas em sua maioria, necessita-se de rochas carbonatadas para se definir um carste.

Dentro desta perspectiva, a região da BHCT é definida pelo conjunto de blocos de Grupo Corumbá, predominantemente carbonáticos, com destaque para as formações Bocaina e Cerradinho, conforme pode ser visto na Figura 2.



**Figura 2:** Geologia da bacia hidrográfica do córrego Taquaral, Bonito/MS.

A Formação Cerradinho é constituída por uma litologia variada, que se caracteriza por sedimentos detríticos de calcário e dolomitos e, por ser a base do grupo Corumbá, possui uma espessura de poucas centenas de metros, como citado por Baptista *et al.* (1984). Para Almeida (1965), a porção inferior assenta em discordância erosiva sobre granitóides do Complexo Rio Apa, composta por conglomerados, arenitos e arcóseos, discretamente estratificados, por vezes, com marcas onduladas assimétricas.

A Formação Bocaina, por sua vez, se diferencia da Formação Cerradinho por sua espessura, isto é, por ser mais espessa, o que proporciona um relevo mais acidentado, além de exibir, em alguns locais como a serra da Bodoquena, uma altimetria mais elevada do que as demais formações que compõem o grupo Corumbá. Então, a presente formação é marcada, de acordo com Almeida (1965), por falhas inversas e uma sequência de calcários, dolomitos e, esporadicamente, mármore.

Entretanto, as distinções entre ambas as subunidades das formações correspondem ao caráter rico em carbonato de cálcio e ao caráter rico em dolomita e magnésio, que se trata de rochas pouco resistentes ao intemperismo, que, por sua vez, influenciam significativamente sobre as águas superficiais, já que são compostos por fendas e fissuras. Tais feições facilitam a percolação das águas e, conseqüentemente, apresentam um predomínio de drenagens criptorreicas.

Deste modo, as paisagens do município de Bonito/MS apresentam características que estão diretamente relacionadas aos processos hidrogeoquímicos cársticos, que originaram uma formidável paisagem de contraste entre os patamares mais elevados (serras alongadas e morros residuais), patamares reduzidos (áreas de poljes e superfícies aplainadas suavemente onduladas) e particularidades da rede de drenagem, como seu escoamento vertical (criptorreica).

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia consistiu, em um primeiro momento, no levantamento de referencial bibliográfico dos dados disponíveis sobre a bacia hidrográfica por meio de pesquisas já realizadas, com base em artigos científicos, dissertações, teses e livros que abrangem, tanto as temáticas abordadas quanto a área de estudo.

Posteriormente, iniciou-se a delimitação da área de estudo, utilizando-se como base cartográfica, a carta topográfica Rio Perdido, folha: SF.21-X-C-IMI-2619; disponibilizada pela Diretoria de Serviço Geográfico do Brasil – DSG, com base em fotografias aéreas datadas de 1966 e impressas no ano de 1973, em escala de 1:100.000. Para o manuseio dessa carta em ambiente de Sistema de Informação Geográfica, foi empregado o ArcGis 10<sup>®</sup>, em que se realizou o georreferenciamento da carta topográfica.

Como auxílio ao processo de delimitação da área de estudo, utilizou-se as imagens do satélite Sentinel 2A/MSI, órbita 135 e ponto 101, datada de 15 de março de 2017 e também o Modelo Digital de Terreno – MDT da *Shuttle Radar Topography Mission* - SRTM, disponibilizadas pelo *United States Geological Survey* – USGS.

A morfometria da rede de drenagem foi embasada na metodologia de Christofletti (1980). As variáveis trabalhadas neste artigo foram descritas no Quadro 1, envolvendo:

- a) Hierarquia Fluvial: que abrange a ordem dos canais, de acordo com Horton (1945 apud CHRISTOFLETTI, 1980);
- b) Análise Linear: que envolve a relação de bifurcação, comprimento médio dos segmentos fluviais, relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem, relação entre o índice médio do comprimento médio dos

canais, o índice de bifurcação e, por fim, a extensão do percurso superficial;

- c) Análise Areal: que abarca a forma da bacia com seu índice de circularidade, densidade hidrográfica, densidade de drenagem e o coeficiente de manutenção.

**Quadro 1:** Características analisadas na morfometria da rede de drenagem.

	<b>Variáveis</b>	<b>Definição</b>
Hierarquia Fluvial	Ordem dos Canais	Consiste no processo de classificação do curso d'água (ou da área drenada que lhe pertence) no conjunto total da bacia hidrográfica na qual se encontra (CHRISTOFOLETTI, 1980);
Análise Linear	Relação de Bifurcação	Relação entre o número total de segmentos de determinada ordem e o número total dos segmentos da ordem imediatamente superior. Estes valores indicam o grau de dissecação da bacia hidrográfica, quanto maior o valor do índice de bifurcação maior será o grau de dissecação, valores geralmente abaixo de 2 indicam relevo colinoso (CASTRO e CARVALHO, 2009).
	Comprimento médio dos segmentos fluviais	É a média aritmética entre os comprimentos de todos os rios da bacia.
	Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem	Analisa a média aritmética entre os comprimentos dos rios de cada ordem e a quantidade de canais dessa ordem.
	Relação entre o índice médio do comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação	Analisa o comprimento médio dos canais e sua relação com o índice de bifurcação, ou seja, relação entre a extensão total e a quantidade de canais.
	Extensão do percurso superficial	Comprimento total dos canais de todas as ordens.
Análise Areal	Forma da Bacia/Índice de Circularidade	Relaciona a forma da bacia com um retângulo, correlacionando a razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia. Villela e Mattos (1975) citam que uma bacia com fator de forma baixo é menos suscetível a enchentes.
	Densidade Hidrográfica	Relação que se expressa entre o número de rios e a área da bacia. Importante para indicar a capacidade de gerar novos cursos de água na bacia hidrográfica em função das características pedológicas, geológicas e

		climáticas da área (CASTRO e CARVALHO, 2009).
	Densidade de Drenagem	É definida como o quociente do comprimento total dos canais e a área de drenagem. Quanto maior o índice menor é a capacidade de infiltrar água. Valores baixos indicam que a região é mais favorável à infiltração, contribuindo com o lençol freático (CASTRO e CARVALHO, 2009).
	Coeficiente de Manutenção	Relaciona a forma da bacia com um círculo, é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independentemente de seu tamanho. De modo que, quanto maior a irregularidade da bacia maior será o coeficiente de compacidade (SANTOS <i>et al.</i> , 2012).

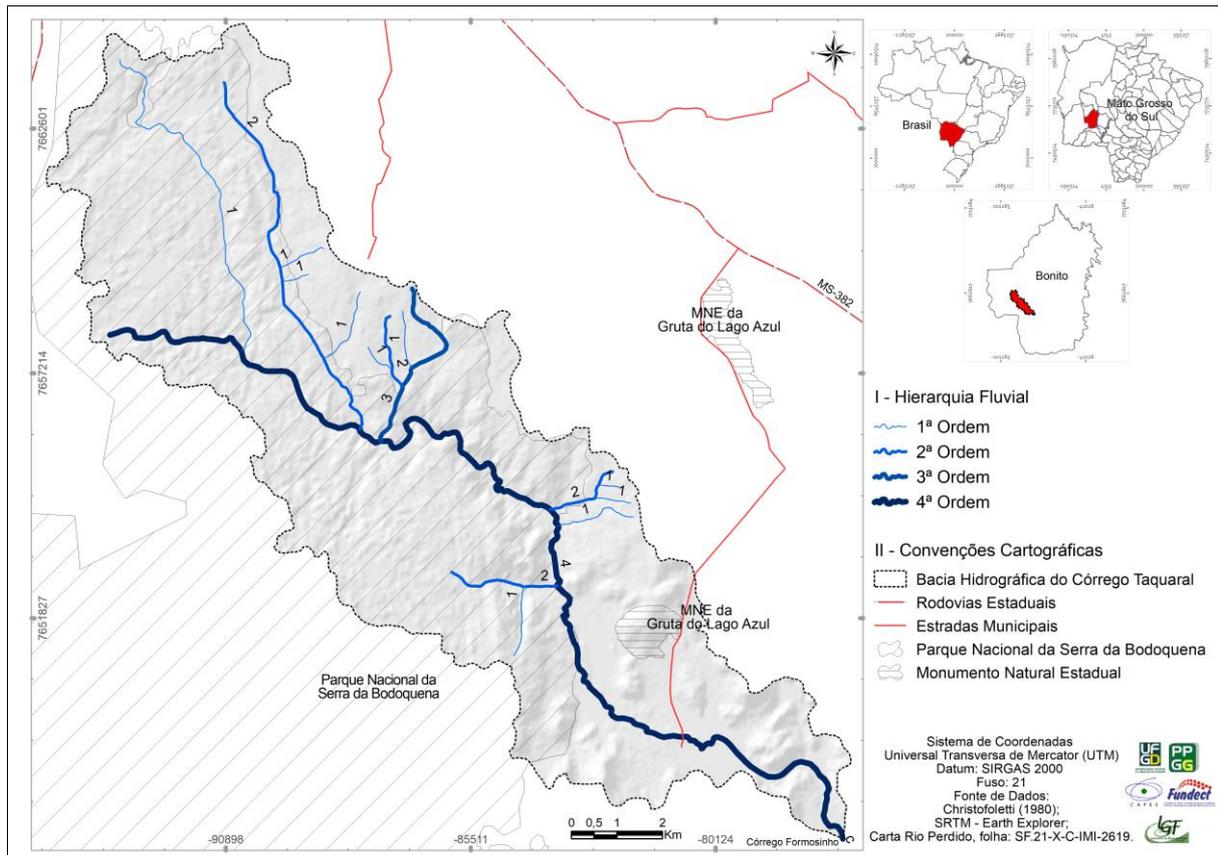
Juntamente à análise morfométrica, foram realizadas cinco saídas de campo: 2016 (dezembro), 2017 (março e setembro) e 2018 (julho e dezembro). Buscando a verificação de dados, interpretação da variação da quantidade das águas do córrego Taquaral, identificar suas características cársticas e evidenciar as interferências que o substrato rochoso exerce sobre a morfometria da rede de drenagem.

484

## RESULTADOS

A análise morfométrica procurou identificar as características dos recursos hídricos mediante diversos índices (área de drenagem, perímetro, ordem dos canais, relação de bifurcação, comprimento médio dos segmentos fluviais, relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem, relação entre o índice médio do comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação, extensão do percurso superficial, forma da bacia, índice de circularidade, densidade hidrográfica, densidade de drenagem e coeficiente de manutenção), (Figura 3 e Tabela 1).

Todos esses índices foram expressos segundo as análises linear e areal que Christofolletti (1980) definiu como eficazes para a compreensão das particularidades da rede de drenagem das bacias hidrográficas, além de abranger alguns de seus aspectos físicos e como estes interferem nos mananciais.



**Figura 3:** Hierarquia Fluvial da bacia hidrográfica do córrego Taquaral, Bonito/MS.

**Tabela 1:** Análise morfométrica da rede de drenagem da BHCT, Bonito/MS.

Fator de Análise				Córrego Taquaral
Análise da Rede Drenagem	Características	Unidade	Canais Fluviais	
Características da Bacia Hidrográfica	Área de drenagem (A)	km <sup>2</sup>	--	106,06
	Perímetro (P)	km	--	72,51
	Porcentagem de Características Cársticas	%	--	100
	Porcentagem de	%	--	0

		Características Terrígenas			
Hierarquia Fluvial	Ordem dos Canais	Horton - Número de Seguimentos	1 Ordem	10	
			2 Ordem	4	
			3 Ordem	1	
			4 Ordem	1	
			5 Ordem	--	
			6 Ordem	--	
			Total	16	
Análise Linear	Relação de Bifurcação	--	1/2 Ordem	2,5	
			2/3 Ordem	4	
			3/4 Ordem	1	
			4/5 Ordem	--	
			5/6 Ordem	--	
	Comprimento médio dos segmentos fluviais	km	1 Ordem	1,86	
			2 Ordem	3,71	
			3 Ordem	4,38	
			4 Ordem	25,71	
			5 Ordem	--	
			6 Ordem	--	
	Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem	--	2/1 Ordem	1,99	
			3/2 Ordem	1,18	
			4/3 Ordem	5,88	
			5/4 Ordem	--	
			6/5 Ordem	--	
Relação entre o índice médio do comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação	--	1/2 Ordem	1,25		
		2/3 Ordem	3,39		
		3/4 Ordem	0,17		
		4/5 Ordem	--		
		5/6 Ordem	--		
Extensão do percurso superficial		metros	--	1,67	
Análise Areal	Forma da Bacia	Índice de Circularidade	--	0,25	
	Densidade Hidrográfica		nº de segmentos fluviais por km <sup>2</sup>	--	0,15
	Densidade de Drenagem		km/km <sup>2</sup>	--	0,60
	Coeficiente de Manutenção		m <sup>2</sup> /m	--	1.668,25

A característica cárstica prevalece na BHCT, o que comprova apenas dezesseis mananciais em 106,06 km<sup>2</sup>. Sabe-se que estudos voltados ao sistema

cárstico encontram-se limitados na literatura brasileira, especificamente no Estado do Mato Grosso do Sul, contudo, Brugnolli (2020) trabalhou com uma bacia hidrográfica predominantemente cárstica, isto é, o córrego Serradinho, identificando em pouco mais de 60 km<sup>2</sup>, apenas seis mananciais superficiais, constatando a presença de (re)surgências, sumidouros, entre outras feições cársticas, que demonstraram a influência do carste na rede de drenagem, o que provocou a redução da densidade hidrográfica e de drenagem.

Em contrapartida, Mito *et al.* (2014) trabalhou no extremo sul do Estado de Mato Grosso do Sul (bacia hidrográfica terrígena), em que se constatou vinte mananciais superficiais, expostas ao longo de 60 km<sup>2</sup>. Corroborando com uma análise comparativa da morfometria de drenagem entre os sistemas ora mencionados, Brugnolli (2020) apontou duas unidades de estudo inseridos no contexto terrígeno, isto é, as bacias hidrográficas dos córregos São João e Retiro, ambas localizadas no município de Bonito, entretanto, são áreas menos extensas se comparado com a BHCT, e devido a sua característica litológica foram identificados um maior número de canais fluviais, este último inclusive, apresenta 51 seguimentos fluviais.

Com isso, percebe-se a influência da litologia na morfometria da rede de drenagem, que traz à BHCT uma densidade de drenagem baixa (0,6 km/km<sup>2</sup>). Além disso, o córrego Taquaral é um canal de 4ª ordem, em que seus afluentes e o próprio córrego Taquaral são de caráter temporário, constatados nas saídas de campo. Mesmo apresentando tal ordem, o mesmo possui uma baixa densidade hidrográfica, de 0,15 segmentos fluviais por km<sup>2</sup>. Sua forma é dendrítica, que, de acordo com Argento (2007), tem um molde que se assemelha aos galhos de uma árvore.

Contudo, embora haja uma baixa densidade de drenagem, os valores se aproximam daqueles encontrados em bacias hidrográficas cársticas trabalhadas por Brugnolli (2020), se distanciando, de forma considerável, dos valores

encontrados em bacias terrígenas (também do Mato Grosso do Sul) como Berezuk *et al.* (2014), Miotto *et al.* (2014), Miguel *et al.* (2013) e Pirajá e Rezende Filho (2019).

De acordo com as afirmações de Berezuk *et al.* (2014), os valores de densidades de drenagens altas podem ser explicados pelas dissecções mais elevadas do relevo. Isso não se refletiu na BHCT, pois mesmo possuindo um relevo declivoso, as rochas têm características porosas, permeáveis e menos resistentes a ação das águas que, por sua vez, diluem o calcário e percolam por fendas e fissuras, isso reduz as drenagens superficiais, mesmo em vertentes mais dissecadas. Estes aspectos que compõem o cárstico possibilitam a formação de rios criptorreicos, dutos e lagos subterrâneos.

É digno de nota que a bacia hidrográfica do córrego Taquaral possui canais de primeira ordem curtos e *runoffs* escassos, que refletem um coeficiente de manutenção baixo para uma bacia hidrográfica de 106,06 km<sup>2</sup>. Christofolletti (1980) afirma que, quanto menor é o índice de coeficiente de manutenção, menor será a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento.

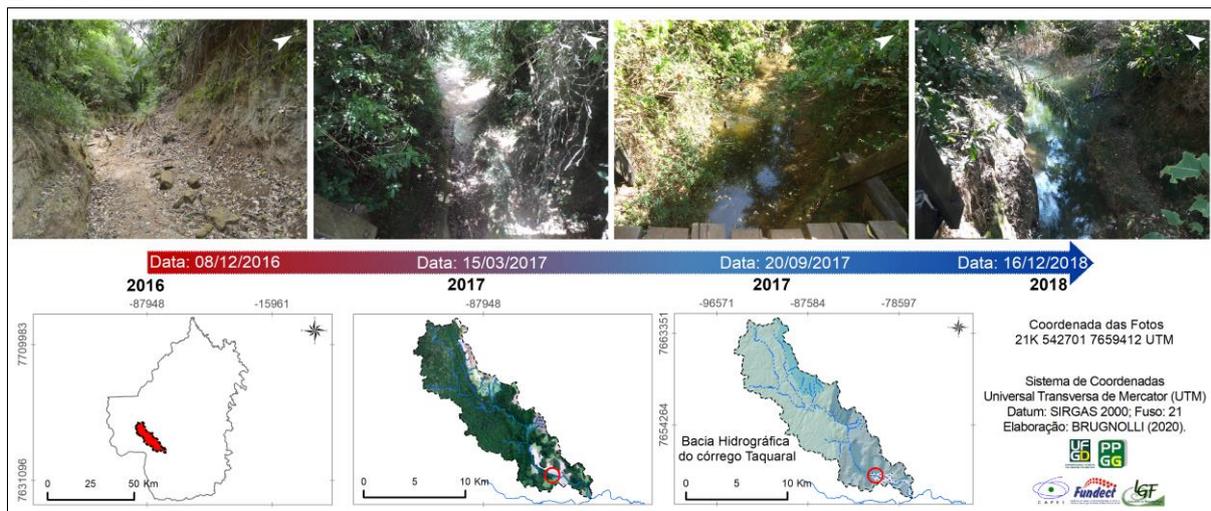
E valores baixos de drenagem geralmente estão relacionados a regiões de rochas permeáveis e de regime pluvial caracterizado por chuvas de baixa intensidade ou pouca concentração de precipitação (MIOTTO *et al.* 2014). Esse fato foi explicado por Christofolletti (1980), que em uma mesma zona climática o principal fator que altera a densidade de drenagem são as rochas.

A BHCT ainda é delimitada por um perímetro altamente irregular, em que toda a região oriental é delimitada pelos divisores da serra da Bodoquena. Esse perímetro irregular remete a um índice de circularidade baixo (0,25). Valores próximos foram encontrados em Miotto *et al.* (2014) e Miguel *et al.* (2013), indicando que este índice baixo permite afirmar que a BHCT possui sua forma alongada, o que contribui para um processo de escoamento. Enquanto que,

segundo Schumm (1956), valores maiores a 0,51 tende a exibir uma bacia hidrográfica mais circular, beneficiando os processos de inundação.

Portanto, este índice circular baixo corrobora com a alta influência topográfica da bacia, com vales encaixados e drenagens com planícies aluviais restritas. Isso trouxe uma dinâmica ímpar para a área de estudo, em que nos períodos chuvosos o manancial não apresentou água em seu leito fluvial, oposto a isso, foram nos períodos secos em que se constatou a presença do escoamento das águas no leito do córrego Taquaral (Figura 4), sobretudo pela água, escoada de forma vertical, ficar armazenada no subsolo, abastecendo o manancial em períodos de estiagem.

**Figura 4:** Variação na quantidade das águas superficiais do córrego Taquaral, Bonito/MS.



É necessário destacar que no referido ponto de observação, a mata ciliar é bem composta e ao longo de seu canal prevalece a vegetação florestal, contudo, no médio e baixo curso da BHCT encontraram-se grandes extensões de culturas de soja. Estas, no entanto, não adentraram às áreas de preservação permanente. Nos trabalhos de campo verificaram-se a presença de drenos irregulares, o que traz preocupações devido ao fato desta técnica agrícola

facilitar a introdução de agroquímicos e sedimentos aos mananciais hídricos, o que deprecia toda a dinâmica dos cursos fluviais da bacia em questão.

Segundo informações obtidas com residentes da propriedade rural que margeia o ponto demonstrado na Figura 4, foi relatado que o volume das águas do córrego Taquaral diminuiu gradativamente e consideravelmente, contudo, ainda não havia secado. Tanto em dezembro de 2016 como em março de 2017, o córrego não possuía água em seu leito, até por isso, que se buscou o conhecimento dos residentes rurais, além das observações em saídas de campo anteriores às vinculadas a essa pesquisa. Frente aos relatos dos moradores, a respeito das características singulares da BHCT e das observações em campo, é que ressalta-se a relevância em compreender a rede de drenagem, correlacionando tais análises em conjunto com outros componentes da área estudada, pois trazem uma série de aspectos que evidenciam as características dos recursos hídricos, que neste estudo remeteu ao sistema cárstico, isto é, sistema tão complexo e pouco trabalhado.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudar a rede de drenagem de uma área com grande relevância econômica e ambiental, situada em um sistema cárstico, foi um estímulo, pois são ambientes que apresentam paisagens ímpares. Este estudo revelou algumas das particularidades do cárstico e a análise morfométrica, com suas técnicas e métodos, expôs uma breve discussão de tais particularidades, concretizando, assim, o objetivo central, que foi compreender tal sistema por meio da dinâmica hidrogeológica e morfométrica das águas da BHCT.

A metodologia definida foi satisfatória, pois possibilitou apresentar as características da rede de drenagem da bacia em questão, como identificado na região da Serra da Bodoquena, com rios criptorreicos e diversas ressurgências, além de descrever alguns dos principais elementos físicos que interagem com a

rede de drenagem, como o relevo e as formações geológicas, compondo, assim, a singularidade da BHCT.

A análise morfométrica demonstrou que na região mais íngreme do planalto da Bodoquena registrou-se uma menor quantidade de mananciais e estes são mais extensos, todos incrustados nos vales encaixados da Serra. Por sua vez, conforme se aproxima do médio e baixo curso, houve uma elevação da quantidade de mananciais, entretanto, reduzindo sua extensão. Com isso, notou-se uma densidade de drenagem, densidade hidrográfica e coeficiente de manutenção baixos, visto estar sob a influência das rochas carbonatadas.

Frente ao exposto, torna-se necessário enfatizar a extrema necessidade em preservar as regiões da serra da Bodoquena, sobretudo pelo seu ambiente cárstico, que apresenta alta fragilidade, com suas drenagens subterrâneas e ressurgências. Tais preocupações não se referem apenas a BHCT, mas também aos outros mananciais que possuem suas nascentes na serra da Bodoquena, que são afluentes exponenciais dos recursos hídricos que transpassam o município de Bonito, assumindo um importante papel no âmbito econômico, social, político e ambiental.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA F. F. M. Litologia da Serra da Bodoquena (Mato Grosso). **Boletim DNPM**, Divisão de Litologia e Mineralogia, v. 219, 1965. p. 1-137.

ARGENTO, M. S. F. **Mapeamento geomorfológico**: In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007, p. 365-390.

BAPTISTA, M. B.; BRAUN, O. P. G.; CAMPOS, D. A. **Léxico estratigráfico do Brasil**. Brasília: DNPM-CPRM, 560 p. 1984.

BEREZUK, A. G.; PEDROSO, J. H. M.; RIBEIRO, A. F. N.; LIMA, P. A. Análise morfométrica linear e areal da bacia hidrográfica do Amambai – Mato Grosso do

Sul – Brasil. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros – Seção Três Lagoas-MS**, n. 20, ano 11, nov. 2014. pp. 08-38.

BRASIL. **DECRETO DE 21 DE SETEMBRO DE 2000**. Cria o Parque Nacional da Serra da Bodoquena, no estado de Mato Grosso do Sul, e dá outras providências. Brasília, em 21 de setembro de 2000; Subchefia para Assuntos Jurídicos.

BRUGNOLLI, R. M. **Zoneamento Ambiental para o Sistema Cárstico da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, Mato Grosso do Sul**. 2020. 403p. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências Humanas, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2020.

CASTRO, S. B.; CARVALHO, T. M. Análise morfométrica e geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Turvo - GO, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. **Scientia Plena**. 5, 025401, 2009.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. **São Paulo, Edgard Blücher, 2ª edição, 1980. 188p.**

DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO (Brasília - DF). Região Centro-oeste: carta topográfica. Brasília: Ministério do Exército, 1980. **Folha SF.21-X-C-I MI-2619 (Rio Perdido)**. Escala 1:100.000;

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

FABRI, F.; AUGUSTIN, C. H. R. R.; AULER, A. S. Relevo cárstico em rochas siliciclásticas: uma revisão com base na literatura. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v.15, n.3, p.339-351, 2014.

HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**. Boulder, Colorado, EUA, pp. 275-370, 1945.

KOHLER, H.C.; CASTRO, J. F. M., 2009. Geomorfologia cárstica. In: Guerra, A.J.T.; Cunha, S.B. da. **Geomorfologia: Exercícios, Técnicas e Aplicações**. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, pp. 339-350.

MIGUEL, A. E. S.; BRUGNOLLI, R. M.; HERMILIANO F. D.; OLIVEIRA, W. Análise Morfométrica, Geológica e Hipsométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Taquaruçu/MS. **Revista Georaguia**, v. 4, p. 159-178, 2014.

MIOTO, C. L.; RIBEIRO, V. O.; SOUZA, D. M. Q.; PEREIRA, T. V.; ANACHE, J. A. A.; PARANHOS FILHO, A. C. Morfometria de Bacias Hidrográficas Através de SIG's Livres e Gratuitos. **Anuário do Instituto de Geociências (UFRJ. Impresso)**, v. 37\_2, p. 16-22, 2014.

PIRAJÁ, R. V.; REZENDE FILHO, A. T. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do Córrego Ceroula em Mato Grosso do Sul. **Revista GeoFronter**, v.1, n. 5, p. 35-58, 2019.

SANTOS, A. M. DOS; TARGA, M. DOS S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W. D. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**: v. 7, n.3, 2012.

SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geological Society of America Bulletin*, v. 67, n. 5, p. 597-646, 1956. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606\(1956\)67\[597:EODSAS\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606(1956)67[597:EODSAS]2.0.CO;2)>. Acesso em: julho de 2017.

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

\_\_\_\_\_. **Earth Explorer - SRTM/MDT**. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: maio de 2016.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. Hidrologia aplicada. São Paulo: Mc Graw-Hill do Brasil, 1975.

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

ZAVATTINI, J. A. **Dinâmica climática no Mato Grosso do Sul**. Geografia, Rio Claro, 17(2): 65-91, outubro/1992.

Submetido em 30 de março de 2020

Aprovado em: 05 de maio de 2020

Publicado em: 30 de maio de 2020