MORFOMETRIA DA REDE DE DRENAGEM DA UNIDADE DE PLANEJAMENTO E GERENCIAMENTO IGUATEMI, MATO GROSSO DO SUL/BRASIL

MORPHOMETRY OF THE DRAINAGE NETWORK OF THE IGUATEMI PLANNING AND MANAGEMENT UNIT, MATO GROSSO DO SUL/BRAZIL

MORFOMETRÍA DE LA RED DE DRENAJE DE LA UNIDAD DE PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DE IGUATEMIAS, MATO GROSSO DO SUL/BRASIL

Cleiton Soares Jesus

Mestre em Geografia. Universidade Federal da Grande Dourados
cleitoncabelo1@hotmail.com

André Geraldo Berezuk

Pós-Doutor em Geografia. Universidade Federal da Grande Dourados
andreberezuk@ufgd.edu.br

Rafael Brugnolli Medeiros

Doutor em Geografia. Universidade Federal da Grande Dourados.
rafael_bmedeiros@hotmail.com

RESUMO

Interpretar os padrões de drenagem por meio de sua análise linear e areal permite a compreensão de um dos preceitos básicos da Geomorfologia, visto que a drenagem é um dos agentes na esculturação do relevo. Logo, esta pesquisa teve como objetivo uma análise morfométrica da rede de drenagem da UPG Iguatemi, localizada na região sul do Mato Grosso do Sul, uma região que carece de estudos inseridos no arcabouço ambiental. Como método de análise, utilizou-se autores clássicos, trabalhando com diversos parâmetros morfométricos (análise areal, linear e hierarquia fluvial) para se entender o comportamento e espacialização da drenagem. Os resultados apontaram uma UPG com forte controle tectônico em que o formato de seu manancial principal comprova tal questão, somado a isso, há um total de 5.557 segmentos de drenagem ao longo das nove ordens do rio Iguatemi. Isso mostra uma área com grande quantidade de drenagens devido, principalmente, à sua região sul, mais dissecada, com canais de primeira ordem pouco extensos, mas em grandes quantidades, o que refletiu em um percurso superficial do *runoff* em 410 metros. Dado à expansão agrícola na área, tais informações são úteis

aos setores públicos, privados e à sociedade local, visando preservar a maior riqueza que os territórios possuem, a água.

Palavras chave: Análise morfométrica. Geomorfologia. Recursos hídricos. Impactos Ambientais.

ABSTRACT

Analysing a drainage net through a morphometric method (at its linear and areal scopes) is relevant to Geomorphology because it allows the comprehension of own drainage scope (drainage is a main factor of formation at relief design). Thus, this research aims to realize a morphometric analysis of the Unity of Management and Planning of Iguatemi River, which is geographically located at the south sector of Mato Grosso do Sul State, Brazil (a region that has few studies about this matter). We have used the method of Christofoletti (1980), an analysis that entangles a wide range of morphometric parameters to understand the configuration and the spatialization of the drainage net. The results have showing a study area with a strong tectonic control (even the format of its main river, Iguatemi, confirms that affirmation). There was quantified 5,557 water channels that are linked with a ninth-order river. These statistics are showing a study area with a good quantity of water channels, specially at its south sector (a more dissected sector with a high number of short Horton's first-order streams) with an also short superficial runoff track of only 410 metres at its average. Because of the regional agriculture expansion process, this technical information is relevant to the public and private sectors and local society, and these information aims to preserve the water, that is the most important richness that this area has.

Key-words: Morphometrical analysis. Geomorphology. Water resources. Environmental impacts.

RESUMEN

La interpretación de los patrones de drenaje a través de su análisis lineal y arenoso permite comprender uno de los preceptos básicos de la geomorfología, ya que el drenaje es uno de los agentes para esculpir el relieve. Por lo tanto, esta investigación tuvo como objetivo un análisis morfométrico de la red de drenaje UPG Iguatemi, ubicada en la región sur de Mato Grosso do Sul, una región que carece de estudios insertados en el marco ambiental. Como método de análisis, se utilizó Christofoletti (1980), mediante varios parámetros morfométricos para comprender el comportamiento del drenaje y la espacialización. Los resultados mostraron un UPG con un fuerte control tectónico en el que la forma de su fuente principal prueba este problema, y además, hay un total de 5,557 segmentos de drenaje a lo largo de las nueve orillas del río Iguatemi. Esto muestra un área con una gran cantidad de drenaje, principalmente debido a su región sur más disecada, con canales

poco profundos de primer orden, pero en grandes cantidades, lo que se refleja en una escorrentía superficial de 410 metros. Dada la expansión agrícola en el área, dicha información es útil para la sociedad pública, privada y local, a fin de preservar la mayor riqueza que tienen los territorios, el agua.

Palabras clave: Análisis morfométrico. Geomorfología. Recursos hídricos. Impactos ambientales.

INTRODUÇÃO

Identificar a rede drenagem em uma bacia hidrográfica traz consigo uma elucidação de diversas questões geomorfológicas. A rede drenagem e seus aspectos (espacialização, forma e extensão) constituem um processo morfogenético dos mais ativos na esculturação da paisagem terrestre (CHRISTOFOLETTI, 1980). Assim sendo, tal identificação das características dos cursos fluviais sempre foi assunto debatido na literatura das Geociências, apresentando diversas pesquisas que relacionam o modelado e os quantitativos morfométricos dos rios aos aspectos físicos de determinada área, como os autores clássicos: Horton (1945), Strahler (1952), Schumm (1956) e Christofoletti (1970; 1971).

Esses autores, cada um empregando determinada metodologia, oferecem diversas variáveis para que se possa entender a influência das rochas, declives, dissecações, dentre outros aspectos vinculados à evolução geomorfológica, na espacialização e características da rede de drenagem.

Essa análise, portanto, pode ser denominada “morfometria da rede de drenagem” ou “análise morfométrica”, contemplando, segundo Back (2006) como a apresentação de parâmetros para se obter a referência de algumas características espaciais, vinculadas estas características à topografia, à geologia, à geomorfologia, à pedologia, e aos detalhes hidrológicos e hidrogeológicos principais de uma determinada área. No mais, esta pesquisa permeou uma análise voltada à compreensão dos processos hidrológicos.

Horton (1945) apresentou uma inovação no ponto de vista metodológico do construto geomorfológico, o que gerou inúmeras pesquisas por parte de múltiplos

seguidores de suas ideias e procedimentos de pesquisa. Desde a década de 1950, não se pode deixar de reconhecer o impacto que autores como Strahler (1952) também esboçaram no estudo das drenagens fluviais. Logo, esta foi uma época de expansão de uma nova perspectiva nos estudos das vertentes, dos processos que incidem sobre o relevo, sua modelagem e a quantificação dos dados referentes à drenagem superficial de bacias hidrográficas. Sobre a análise morfométrica, faz mister realçar o principal nome deste procedimento metodual que é o professor Antonio Christofoletti, que implantou este método no Brasil nas décadas de 1970 e 1980 (CHRISTOFOLETTI, 1980; 1981).

No contexto sul-mato-grossense, este Estado instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos (PERH) e criou o Sistema Estadual de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, mediante a Lei nº 2.406 de 29 de janeiro de 2002 (MATO GROSSO DO SUL, 2002), seguindo os mesmos princípios e diretrizes estabelecidas na Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997). Desta lei e deste contexto histórico-político surgiu o nome de Unidade de Planejamento e Gerenciamento (UPG) que está, por sua vez, ligada ao processo de desenvolvimento e evolução da PNRH e do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SINGREH).

Com a criação da PERH-MS, as bacias hidrográficas passam a ter melhores condições e possibilidades referentes ao seu respectivo gerenciamento, com a finalidade de planejar melhor o uso dos recursos hídricos. A criação das UPG's tem, como seu principal objetivo, melhorar o gerenciamento e a manutenção dos recursos hídricos, visando à preservação tanto das águas superficiais quanto subterrâneas, buscando melhorias na demanda para o abastecimento humano e desenvolvimento econômico no estado de Mato Grosso do Sul. (MATO GROSSO DO SUL, 2010).

O Estado de Mato Grosso do Sul possui quinze UPG's, cada uma recebendo o nome de seu rio principal, sendo subdivididas em duas principais regiões: a Região Hidrográfica do Paraguai, ocupando uma área de 187.636,301 km² (oeste), e a Região Hidrográfica do Rio Paraná ocupando uma área de 169.488,663 km², a leste. (MATO GROSSO DO SUL, 2010).

A pesquisa objetiva, portanto, analisar, por meio da metodologia de Christofoletti (1980), a hierarquia fluvial e morfometria da rede de drenagem da UPG Iguatemi, abrangendo tanto a análise areal quanto linear. Tais informações oferecem aspectos marcantes para entender a espacialização da rede de drenagem nessa importante UPG do Estado de Mato Grosso do Sul, área em que há, ainda, um déficit de estudos.

ÁREA DE ESTUDO: localização e caracterização física

A UPG Iguatemi está distribuída entre os municípios de Amambaí, Coronel Sapucaia, Eldorado, Iguatemi, Itaquiraí, Japorã, Mundo Novo, Paranhos, Sete Quedas e Tacuru. Encontra-se posicionada entre os paralelos 23º10’ a 24º10’ de latitude sul e entre os meridianos 55º30’ a 54º00’ de longitude oeste, abrangendo uma área de aproximadamente 9.595,71km² (Figura 1).

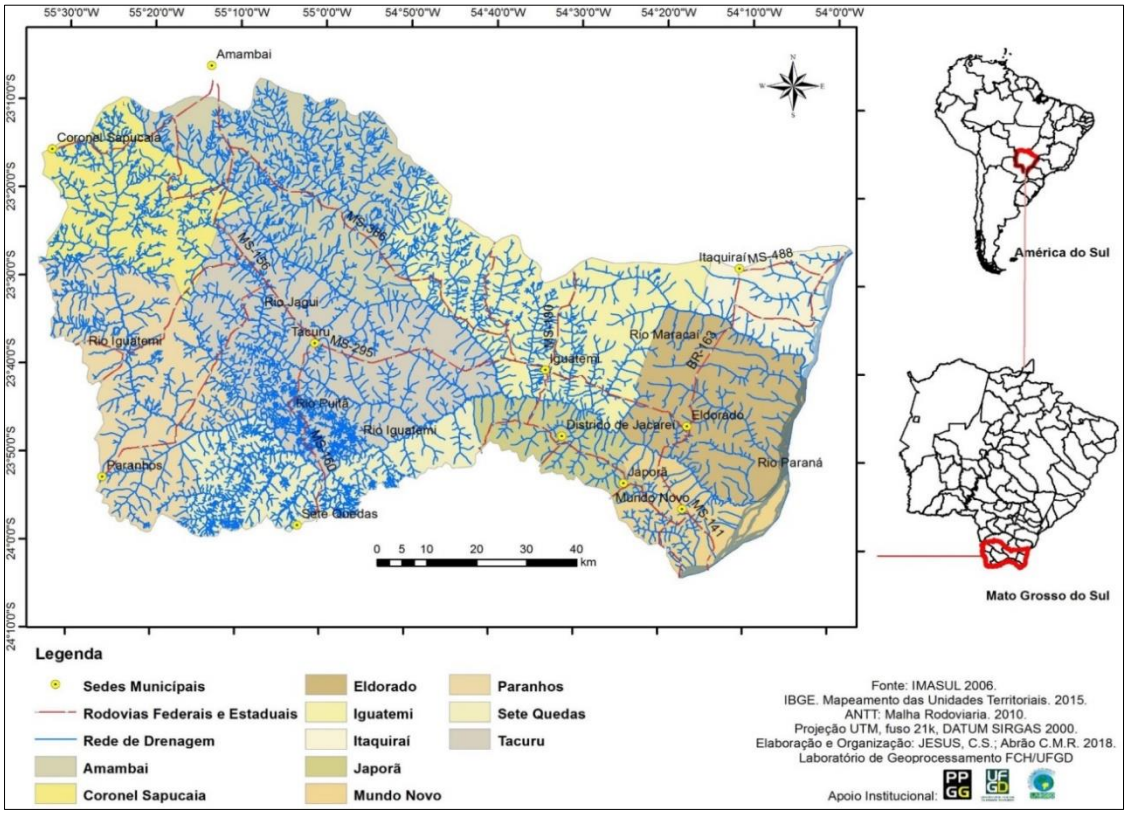

Figura 1 - Localização da UPG Iguatemi, Mato Grosso do Sul/Brasil.
Elaboração: Os autores (2020)

A UPG Iguatemi se localiza na porção do extremo-sul do Estado de Mato Grosso do Sul e apresenta algumas características marcantes no que diz respeito aos seus componentes físicos. A área de estudo está sobreposta na extensa bacia sedimentar do Paraná, contudo apresenta afloramento de três substratos geológicos, sendo eles: a formação cretácea Serra Geral (406,57 km²); a formação jurássico-cretácea do Caiuá (9.074,42 km²), do Grupo Bauru, e formações recentes de caráter aluvionar (114,72 km²), (CPRM, 2006).

A Formação Caiuá é predominante na área e é representada por uma relativa uniformidade litológica, que se observa tanto no oeste paulista como no norte paranaense. Com blocos de espessura não superior a 150m, visualizam-se arenitos bastante porosos, facilmente desagregáveis, e, na maioria das vezes, seus grãos encontram-se envoltos por uma película de limonita (MATO GROSSO DO SUL, 1990).

Com relação ao clima, também importante elemento de análise quando se trabalha com a morfometria da rede de drenagem, a UPG Iguatemi está localizada onde são registrados os maiores índices pluviométricos no Estado de Mato Grosso do Sul, podendo chegar ao volume anual de 1860 mm de precipitação anual em algumas áreas, sendo registrados os maiores valores entre os meses de dezembro e janeiro e os menores em julho e agosto (MATO GROSSO DO SUL, 2010).

Isso define uma homogeneização sazonal pluviométrica da UPG Iguatemi, a área de estudo se caracteriza por possuir menores médias de temperatura, com invernos mais rigorosos do que nas áreas mais ao norte, influência direita da latitude, apresentando claras características de clima subtropical.

Tais relações entre as formações geológicas e o clima modelaram um relevo de baixa declividade, onde predomina um relevo plano a suave ondulado, com a predominância das classes 0-6% de declividade topográfica ao longo dos quase 10.000 km^2 de área. Assim sendo, na área em estudo há destaque para presença de solos característicos de áreas aplainadas e intemperizadas, como os latossolos, os neossolos, os gleissolos e, por fim, o solo predominante na área, que é o argissolo vermelho amarelo, dotado de consistência mais arenosa abaixo dos horizontes A ou E, apresentando pouco

material orgânico, potencializando, dessa forma, a erosividade dessa classe de solo (EMBRAPA, 2018).

A UPG Iguatemi é historicamente uma área marginalizada do Estado de Mato Grosso do Sul e encontra-se em um processo acelerado de ocupação. Por sua vez, esse processo é baseado no fortalecimento do setor agroindustrial, em especial para com a produção de grãos, como soja, milho, cana e de eucaliptos (SILVA, 2019).

Outra atividade econômica que exerce forte influência é a pecuária extensiva, com áreas de pastagens, que contribui para que o Mato Grosso do Sul seja um dos maiores criadores de gado do país. A pecuária, ainda nos dias atuais, representa a maior aposta econômica da região, porém, mesmo com o fortalecimento do setor agroindustrial na área (seguindo o modelo das UPG localizadas no norte do Estado). Os municípios da UPG Iguatemi estão entre os mais pobres do Estado de Mato Grosso do Sul, apresentando Índices de Desenvolvimento Humano (IDH) mais baixos (IBGE CIDADES, 2020; SILVA, 2019).

MATERIAIS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia do artigo consistiu em duas etapas básicas: a primeiras delas diz respeito a interpretação da hierarquia fluvial da UPG Iguatemi e a segunda etapa se insere nas análises de fatores areais e lineares da morfometria da UPG. Para ambas as etapas se utilizou, como base, da proposta de Christofoletti (1980), com o auxílio primordial das geotecnologias, em especial, do Sistema de Informação Geográfica (SIG) ArcGis 10® (ESRI, 2011).

Neste contexto, iniciou-se a primeira etapa utilizando dados disponibilizados pelo Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental (delimitação das UPGs e a Hidrografia do Estado), que é, por sua vez, um dos produtos utilizados pelo Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul (IMASUL). Tais informações foram essenciais para vetorização das drenagens da UPG Iguatemi. Diante da escala da base de dados utilizada (1:350.000), utilizou-se, como um documento auxiliar, imagens de satélite Landsat 8/OLI (órbitas 225 e 224; ponto 076 - datadas de 11/08/2017), disponibilizadas

gratuitamente por meio do Catálogo de Imagens do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), para ajustar as drenagens de acordo com a realidade mostrada nas imagens.

Posteriormente, foi realizada a hierarquia fluvial por meio da proposta de Horton (195), descrita na obra clássica "Geomorfologia" (CHRISTOFOLETTI, 1980). Por fim, foram obtidos e analisados os dados morfométricos lineares e areais da UPG. Essa etapa consistiu na interpretação, por meio da proposta de Christofoletti (1980), da quantidade de canais fluviais, extensão dos canais fluviais, comprimento médio dos canais, extensão (área) da UPG, seu perímetro, extensão linear máxima, extensão do percurso superficial, densidade hidrográfica, densidade de drenagem e o coeficiente de manutenção. O Quadro 1 apresenta cada um dos elementos de quantificação morfométrica assim como a sua respectiva equação matemática.

Quadro 1 - Variáveis e equações utilizadas para a análise morfométrica da UPG Iguatemi.

(*Continua)*

Variável	Conceito e Equação
Área da Bacia (A)	A corresponde a toda a área drenada pelo conjunto do sistema fluvial, projetada em plano horizontal do divisor de água (CHRISTOFOLETTI, 1980). A área foi calculada com auxílio do SIG ArcGis 10®. Unidade de medida: **km²**
Comprimento da Bacia (L):	Comprimento representado pela distância obtida em linha reta entre os pontos da foz e determinado ponto extremo (mais distante) situado ao longo da UPG. Unidade de medida: **km**
Densidade Hidrográfica (Dh):	É a relação existente entre os cursos de água e a área da bacia hidrográfica. Como foi utilizada a ordenação de Horton (1945 apud CHRISTOFOLETTI, 1980), o número de canais corresponde à soma de todos os segmentos de cada ordem. Dh é a densidade de drenagem; N é o número total de rios; A é a área total da UPG. Unidade de medida: **canais/km².** $$\mathrm{Dh} = \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{A}}$$
Densidade da Drenagem (Dd)	Correlaciona o comprimento total dos canais de escoamento com a área da bacia hidrográfica. Este cálculo é importante porque apresenta relação inversa com o comprimento dos rios. À medida que aumenta o valor numérico da densidade há diminuição do tamanho dos componentes fluviais (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 116). Dd é a densidade de drenagem; Lt é o comprimento total dos canais; A é a área total da UPG. Unidade de medida: **km/km²** $$\mathrm{Dd} = \frac{\mathrm{Lt}}{\mathrm{A}}$$
Coeficiente de Manutenção (Cm):	Proposto por S. A. Schumm (1956 apud CHRISTOFOLETTI, 1980), esse índice fornece a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento, para a caracterização do sistema de drenagem. Cm é o coeficiente de manutenção; Dd é o valor da densidade de drenagem, expresso em metros. Unidade de medida: **m/m²** $$\mathrm{Cm} = \frac{1}{\mathrm{Dd}} \times 1.000$$

Relação de Bifurcação (Rb):	Definida por Horton (1945 apud CHRISTOFOLETTI, 1980) como sendo a relação entre o número total de segmentos de certa ordem e o número total dos de ordem imediatamente superior. A lei de número de canais considera o ponto de origem e a confluência dos segmentos. Nu é o número de seguimentos de determinada ordem; Nu+1 é o número de seguimentos da ordem imediatamente superior. Unidade de medida: **adimensional** $$\mathrm{Rb} = \frac{\mathrm{Nu}}{\mathrm{Nu}+1}$$
Relação entre o Comprimento Médio dos Canais de cada Ordem (Lm)	Obtêm o comprimento médio de cada ordem. Lm é Relação entre o Comprimento Médio dos Canais de cada ordem (CHRISTOFOLETTI, 1980); Lu é a soma total dos comprimentos dos canais de cada ordem; Nu é o número de seguimentos encontrados na respectiva ordem. Unidade de medida: **adimensional** $$\mathrm{Lm} = \frac{\mathrm{Lu}}{\mathrm{Nu}}$$
Relação entre os Comprimentos Médios (RLm):	É um complemento do comprimento médio dos canais de cada ordem. Lmu é a relação entre os comprimentos médios dos canais (CHRISTOFOLETTI, 1980); Lmu-1 é a relação entre os comprimentos médios dos canais de ordem imediatamente inferior. Unidade de medida: **adimensional** $$\mathrm{RLm} = \frac{\mathrm{Lmu}}{\mathrm{Lmu}-1}$$
Extensão do Percurso Superficial (Eps):	Representa a distância média percorrida pelas enxurradas entre o interflúvio e o canal permanente. Durante a evolução do sistema de drenagem, a extensão do percurso superficial está ajustada ao tamanho apropriado relacionado com as bacias de primeira ordem, aproximadamente igual à metade do perímetro do valor da densidade da drenagem (CHRISTOFOLETTI, 1980). Eps representa a extensão do percurso superficial; Dd é o valor da densidade de drenagem. Unidade de medida: **metros.** $$\mathrm{Eps} = \frac{1}{2\mathrm{Dd}}$$

Org.: Elaborado pelos autores (2020).

HIERARQUIZAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM E ANÁLISE DOS ELEMENTOS DA MORFOMETRIA DA UPG IGUATEMI

Os resultados mostraram as características espacializadas da drenagem, em que se manifesta uma quantidade de canais considerável, sobretudo na região sul, onde o relevo se apresenta mais dissecado. Por trabalhar com UPG, optou-se em hierarquizar não somente as drenagens afluentes do rio Iguatemi, mas todas as drenagens de bacias hidrográficas secundárias, mas que estão inseridas na UPG Iguatemi, conforme mostra-se na Figura 2 e Tabelas 1 e 2.

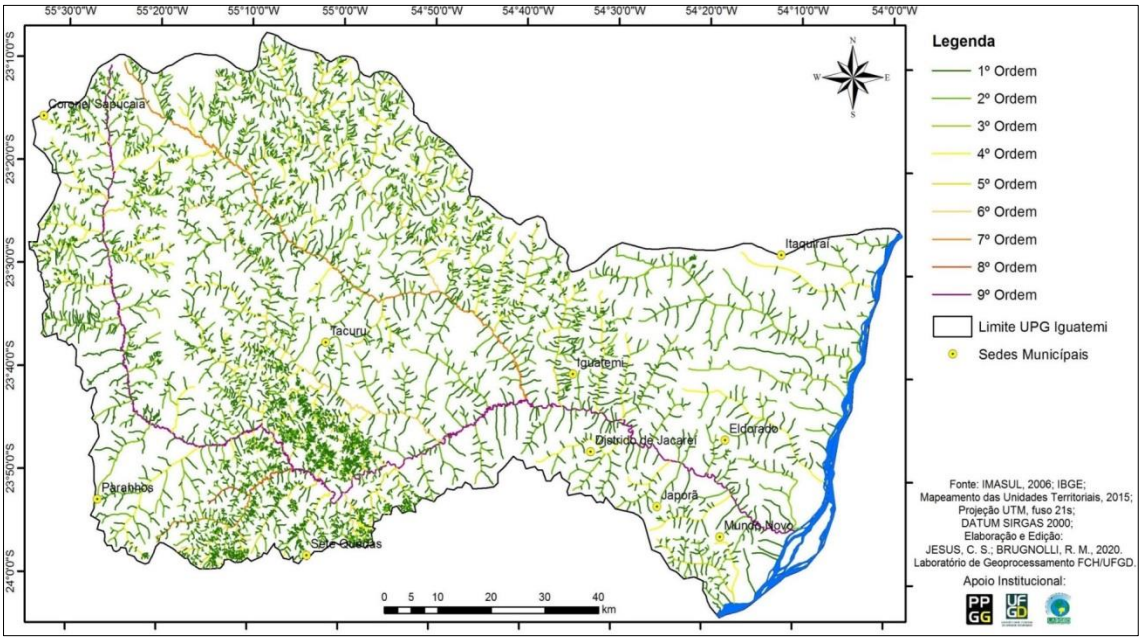

Figura 2 - Hierarquia fluvial da UPG Iguatemi, Mato Grosso do Sul/Brasil.
Elaboração: Os autores (2020)

Tabela 1 – Dados morfométricos da UPG Iguatemi, Mato Grosso do Sul/Brasil.

Fator de Análise	Resultados
Extensão da área de estudo	9.595,71 km²
Perímetro da UPG	551,29 km
Extensão do rio Iguatemi	321,25 km
Extensão Linear Máxima	166,14 km
Extensão do percurso superficial	410 metros
Densidade Hidrográfica	0,55 canais/km²
Densidade de Drenagem	0,82 km/km²
Coeficiente de Manutenção	1.214,59 m²/m

Org.: Elaborado pelos autores (2020).

Com relação à hierarquia fluvial da UPG Iguatemi, tem-se a presença de canais de 1º a 9º ordem, com uma quantidade total de 5.557 canais fluviais, exibindo uma extensão total de 8.331 km de canais fluviais. A UPG apresenta, também, um comprimento médio dos canais de primeira ordem de 840 metros. A UPG Iguatemi, segundo mensuração executada, possui, 9.595,71 km², apresentando um perímetro de 551,29 km. O rio Iguatemi, curso fluvial principal da UPG, possui 321,25km (Tabela 2).

Tabela 2 – Dados lineares da UPG Iguatemi, Mato Grosso do Sul/Brasil.

Hierarquia Fluvial segundo Horton	Quantidade de Canais Fluviais	Relação de bifurcação	Extensão dos Canais Fluviais (km)	Comprimento Médio dos Canais (km)	Relação entre os Comp. Médios (RLm)
1º Ordem	4.285	4,7	3.591,06	0,84	--
2º Ordem	904	3,6	1.856,76	2,05	2,12
3º Ordem	253	3,2	1.145,53	4,53	1,81
4º Ordem	78	2,8	660,16	8,46	2,20
5º Ordem	28	5,6	362,56	12,95	1,50
6º Ordem	5	2,5	199,22	39,84	2,59
7º Ordem	2	2	169,22	84,61	2,67
8º Ordem	1	1	25,62	25,62	2,90
9º Ordem	1	-	321,25	321,25	3,25
Total	**5.557**		**8.331,38**	**1,50**	**--**

Org.: Elaborado pelos autores (2020).

O rio Iguatemi nasce no município de Coronel Sapucaia, segue o sentido norte-sul até o município de Paranhos e depois alterna o seu sentido de oeste para leste, até a sua foz no rio Paraná. Este caminho em "L" que o rio Iguatemi executa é uma evidência de controle fissural tectônico ao longo de seu curso, sendo que a extensão máxima linear de 166,14 km da bacia, para um rio de 321,25 km, revela tal configuração.

Tal como na setentrional vizinha Bacia do rio Amambai, as áreas do Grupo Caiuá (Mesozoico), dotada de arenitos de característica muito friável, foram escavadas pelo rio Iguatemi e seus afluentes até os seus talvegues se encontrarem com as rochas vulcânicas da Formação Serra Geral (Jurássico-Cretáceo). Esta configuração petrográfica ocasiona o controle estrutural da UPG Iguatemi, sendo esta uma característica como encontrada nas redes de drenagem do Grupo Caiuá. Por causa desta configuração encontrada, as bacias hidrográficas variam de um aspecto em treliça até para uma disposição retangular (nas áreas mais tectonicamente controladas, com ênfase para o setor oriental da UPG.

Bacias hidrográficas em aspecto dendrítico são pouco evidentes na área de estudo, ao contrário da vizinha Bacia do rio Amambai que possui áreas de redes de drenagem dendríticas em setores onde predomina o afloramento dos basaltos (BEREZUK et al., 2014). Entretanto, tais afirmações estão sendo embasadas pela observação das imagens

de satélite e dos produtos cartográficos, sendo necessário, para esta diferenciação entre uma UPG e outra, uma maior quantidade de estudos de campo.

Com relação ao número de canais encontrados, foram vetorizados 5.557 canais, sendo estes 4.285 canais de primeira ordem. A quantidade bem maior de canais, em especial a de canais de primeira ordem, se comparada com a Bacia do rio Amambai (744 canais, sendo destes 558 de primeira ordem), pode ser referente, muito provavelmente, por uma maior qualidade de varredura e vetorização executada nesta pesquisa sobre a UPG Iguatemi, por causa de uma melhoria do poder dos instrumentos de georreferenciamento, de 2013 a 2020.

O rio Iguatemi é classificado como um rio de nona ordem, enquanto que o rio Amambai está classificado, em Berezuk et. al (2014), como um rio de sétima ordem. Todavia, se se considerar a quantidade de canais de segunda ordem da UPG Iguatemi, em comparação com os canais de primeira ordem quantificados na Bacia do rio Amambai, percebe-se que são 904 canais da UPG Iguatemi contra 558 canais da Bacia do rio Amambai, o que evidencia uma maior quantidade de canais da UPG Iguatemi.

Com relação à alguns setores da UPG Iguatemi, com relação ao grande número de canais de primeira ordem, prevaleceram canais intermitentes, como os exemplos mostrado na Figura 3, que moldam, sobretudo na região sul, em um relevo mais dissecado. Há, por exemplo, na área de estudo, uma área ao norte da sede municipal de Sete Quedas, que elevou os valores encontrados referentes aos canais de primeira ordem, entretanto, mostra-se, de forma geral, que são canais de pouca extensão fluvial. Os canais de primeira ordem apresentam, em média, apenas 0,84 km de extensão.

Tal constatação do parágrafo anterior vai de acordo com os dados maiores de densidade hidrográfica e densidade de drenagem da UPG Iguatemi com relação à Bacia do rio Amambai (são 0,55 canais por quilômetros quadrado na UPG Iguatemi contra 0,073 canais por quilômetro quadrado na Bacia do rio Amambai; e a formação de 820 metros de canal por quilômetro quadrado na UPG Iguatemi por 412 metros de canal por quilômetro quadrado na Bacia do rio Amambai). Todavia, convêm ressaltar que, mesmo que a UPG Iguatemi possua maior densidade hidrográfica e de drenagem, esta UPG ainda

apresenta uma densidade de sua rede considerada baixa a muito baixa. Para que uma bacia hidrográfica, por exemplo, tenha considerada uma densidade de rede de drenagem média a alta, os valores devem estar acima de 7,5 km/km^2 (CHRISTOFOLETTI, 1980 apud ANTONELI e THOMAZ, 2007).



Figura 3 - Exemplos característicos de canais de primeira ordem da UPG Iguatemi, Mato Grosso do Sul/Brasil.
Fonte: Jesus (2019).

A densidade da drenagem está associada aos fenômenos naturais, como clima e o comportamento hidrológico das rochas. Nas rochas onde a infiltração encontra maior dificuldade há condições melhores para o escoamento superficial (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Um terceiro fator que evidencia uma maior riqueza de drenagem da UPG Iguatemi é o valor médio de extensão de percurso superficial do *runoff* em 410 metros, em comparação com a Bacia do rio Amambai, que possui 1.212 metros. Convêm ressaltar, também, que a UPG Iguatemi possui uma capacidade de manutenção hídrica média duas vezes maior que a da Bacia do rio Amambai. Segundo a equação de Schumm (1956) são necessários 2.427 metros quadrados para manutenção de um metro de canal na Bacia do rio Amambai, enquanto que, na UPG Iguatemi, são necessários 1.212 metros quadrados para a manutenção de um metro de canal.

Brugnolli (2020), analisando a região da Serra da Bodoquena (região sudoeste do Estado), encontrou valores de coeficiente de manutenção que se assemelharam à UPG

Iguatemi (1.559,85 m²/m), destacando que as densidades de drenagens altas podem ser explicadas em bacias hidrográficas que apresentam processos de dissecação mais elevados do relevo, ocasionando *runoffs* mais intensos, elevando os valores referentes à densidade de drenagem, ao passo que se reduz o coeficiente de manutenção.

Tais estatísticas reforçam uma maior densidade hídrica superficial da UPG Iguatemi em comparação com a UPG Amambai, que pode ser deduzida/hipotetizada: 1) por uma ligeira superioridade dos níveis de declividade de alguns setores da UPG Iguatemi em comparação com a UPG mais setentrional (que poderia, assim, influenciar nos níveis de permeabilidade, aumentando o runoff na UPG mais meridional); 2) por um maior número de fraturas vulcânicas nos talvegues da UPG Iguatemi do que nos talvegues da UPG Amambai, reforçando que talvegues arenosos tenderiam a favorecer a infiltração hídrica, enquanto que os talvegues rochosos favoreceriam o escoamento. Uma terceira hipótese, contudo menos evidente por se tratar de áreas vizinhas e com dimensões espaciais ainda não tão abrangentes, seria de ocorrer um regime pluviométrico mais homogêneo na UPG Iguatemi em comparação com a UPG Amambai, reforçando o elemento da latitudinidade (MATO GROSSO DO SUL, 1990 e 2010; ZAVATTINI, 1990; FARIAS e BEREZUK, 2018). Cabe ressaltar que, para confirmar essas hipóteses necessitam, todavia, de estudos mais aprofundados.

Referindo-se aos dados da tabela 2, os níveis de bifurcação entre a UPG Iguatemi variam de 2,5 a 5,6 entre as ordens 1 a 6. Segundo dados comparados da Bacia do rio Amambai, estes são semelhantes (2,19 a 6 confluências entre os cursos de ordem 1 a 5) (BEREZUK et al., 2014), o que também atestam relativa similaridade de configuração da rede de drenagem.

A UPG Iguatemi também mostra semelhança de padrão com a UPG Amambai para com a somatória da extensão de seus canais, apesar da UPG Iguatemi possuir maior riqueza de drenagem superficial, com uma maior extensão total na somatória das ordens de seus canais. Consequentemente, por possuir uma maior rede de drenagem e uma maior densidade hidrográfica e de drenagem, a extensão média dos canais da UPG Iguatemi é menor do que a da UPG Amambai (a UPG Amambai, portanto, possui menor densidade hidrográfica e menor densidade de drenagem, mas apresenta canais mais extensos em

suas ordens, mesmo apresentando relação de bifurcação semelhante à UPG Iguatemi). No mais, outra evidência da semelhança de padrão entre ambas as UPG's é a relação do comprimento médio dos canais possuírem valores muito próximos entre as classes.

Os mananciais da área de estudo, são encontrados em regiões de argissolo, que, pela sua fisionomia edáfica, proporciona dificuldade para com os processos de infiltração, logo, o escoamento superficial auxilia na manutenção dos mesmos (EMBRAPA, 2018). Cerca de 76% da UPG Iguatemi é constituída por argissolos e neossolos, dois tipos pedológicos que tem por particularidade serem mal drenados, em que o escoamento superficial é mais abrangente que a infiltração. Estas são informações importantes, na medida estas áreas podem apresentar, também, um relevo mais declivoso, alcançando inclinações de 20%. Além disso, a densidade de drenagem pode ser também influenciada pela presença do clima Subtropical Úmido, que proporciona chuvas consideráveis ao longo do ano, e períodos de estiagem que geralmente não são capazes de impactar nos mananciais. A UPG Iguatemi, assim como a vizinha UPG Amambai, possui um regime pluviométrico considerado dos mais homogêneos do Estado de Mato Grosso do Sul, o que é fator influente para com o estudo da rede de drenagem da área de estudo.

Utilizando-se de comparações com bacias hidrográficas sul-mato-grossenses para entender as características da rede de drenagem, destaca-se que Pirajá e Rezende Filho (2019), ao estudarem a bacia hidrográfica do córrego Ceroula, que abrange parte do município de Campo Grande/MS, encontraram valores de coeficiente de manutenção próximos ao encontrado na presente pesquisa, afirmando que estes parâmetros podem estar atribuídos ao substrato geológico da Formação Serra Geral, porém, tal formação, na UPG Iguatemi, abrangeu apenas o extremo noroeste, não podendo ser a explicação mais clara a respeito dessa constatação.

A UPG Iguatemi demonstra, diante do que foi analisado, considerável quantidade de cursos fluviais, uma maior densidade de sua rede de drenagem (se comparado com as áreas vizinhas) e coeficiente de manutenção de área menor que a da UPG Amambai. Estas informações, por sua vez, poderiam demonstrar que a área apresenta poucos problemas relacionados aos mananciais. Entretanto, através de trabalhos de campo realizados, foi observado a existência de diversas erosões, que causam o carreamento de sedimentos,

formação de bancos de areia nos mananciais, entre outras séries de problemas ambientais que vêm impactando gradativamente os cursos fluviais da UPG do rio Iguatemi (Figura 4).



Figura 4 - Impactos ambientais encontrados na UPG Iguatemi, Mato Grosso do Sul/Brasil.
Fonte: Jesus (2019).

Tais discussões reverberam a proposta dessa pesquisa, de analisar a UPG em seu contexto ambiental, oferecendo importantes dados acerca dos mananciais hídricos, sua relação com os solos, declives e formações geológicas que impactam diretamente na capacidade de escoamento, infiltração e armazenamento de água.

CONCLUSÃO

A análise morfométrica da Unidade de Planejamento e Gerenciamento do Iguatemi confere que o rio Iguatemi possui 321,25 km de extensão, com uma rica rede de drenagem, mais rica que a de UPG's vizinhas como a UPG Amambai, que foi a área de comparação de dados. Devido a um aprofundado processo de vetorização dos canais de toda a UPG, chegou-se a soma de 5.558 canais e a caracterização do Iguatemi como um rio de nona ordem. Ou seja, constata-se o zelo para com a checagem e espacialização de todos os canais possíveis da área de estudo.

Mesmo apresentando uma grande quantidade de redes de drenagem, sua maioria é de canais de primeira ordem, devido as características decorrentes da própria configuração edáfica, geológica e geomorfológica da área, típica do extremo-sul de Mato Grosso do Sul. Todavia, a área apresenta uma especial riqueza com relação ao número de nascentes, talvez um dos motivos pelos quais o Zoneamento Ecológico Econômico do Estado de Mato Grosso do Sul enquadrasse esta área como área potencial de conservação ambiental.

Sem dúvida, a UPG do Iguatemi se apresenta com uma grande quantidade de mananciais, sobretudo a sul e sudoeste da UPG, entretanto, existe uma quantidade considerável de corpos hídricos temporários, elevando a necessidade de manutenção de suas condições e uma possível recuperação das áreas próximas aos recursos hídricos, sobretudo por estarem ocupadas por pastagens e, em alguns casos, plantações de soja.

Tais dados técnicos possuem relevante importância, dado as práticas de expansão das atividades agrícolas na área de estudo, em especial as vinculadas à agroindústria nos últimos vinte anos. A expansão das áreas de soja, milho, cana, dentre outras culturas temporárias, certamente impacta e impactará o potencial hídrico superficial da rede de drenagem da UPG Iguatemi. Cabe, portanto, aos setores públicos, privados e à sociedade local, aliarem aos processos produtivos às práticas de conservação, para protegerem o maior tesouro que os territórios podem possuir, a água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTONELI, V.; THOMAZ, E. L. Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista. In: Revista Caminhos de Geografia, Uberlândia, UFU, v.8, n. 21, pp. 46-58, jun. 2007.

BACK, A.J. Análise morfométrica da Bacia do Rio Urussunga - SC. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. Uberlândia. Ano 7, nº2, 2006.p. 107-115.

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. Lei 9433/1997 - Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em maio 2020.

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.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1980. 188 p.

CHRISTOFOLLETI, A. **Análise morfométrica das bacias hidrográficas do Planalto de Poços de Caldas (MG).** Tese (Livre-Docência). Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras. Rio Claro, SP, 1970.

CHRISTOFOLETTI, A. "Análise morfométrica de bacias hidrográficas". **Boletim Geográfico**, v. 30 n. 220, p. 131 - 159. Rio de Janeiro: jan/fev 1971.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial.** São Paulo, SP: Blucher, 1981.

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

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.

FARIAS, G. L.; BEREZUK, A. G. O Regime Pluviométrico no Extremo Sul de Mato Grosso do Sul entre os anos de 1876-2015. Dourados – MS: Entre-lugar, Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFGD, v. 9, n.17, 2018. ISSN 2176-9559.

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.

IBGE CIDADES. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ms/panorama>. Acesso em maio 2020.

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Catálogo de Imagens – Landsat 8**. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Acesso em: maio de 2016.

JESUS, C. S. **Características Socioambientais da Unidade de Planejamento e Gerenciamento Iguatemi, Mato Grosso do Sul/Brasil, mediante o uso de geotecnologias.** 2020. 123p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências Humanas, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2020.

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.

MATO GROSSO DO SUL. **Atlas Multirreferencial.** Campo Grande-MS: Secretaria de Planejamento e Coordenacao Geral, SEPLANCT/MS, 1990. 24 p.

MATO GROSSO DO SUL. **Plano Estadual de Recursos Hídricos**. Editora UEMS, Campo Grande, 2010.

MATO GROSSO DO SUL. Lei Estadual 2406/2002 – Política Estadual de Recursos Hídricos. Disponível em: <http://progestao.ana.gov.br/panorama-dos-estados/ms/lei-no2406-02_ms.pdf>. Acesso em maio 2020.

SILVA, J. V. **Classificação e análise das unidades de paisagem na bacia hidrográfica do Rio Jaguí – Sub-região de fronteira XIV Cone-Sul, Mato Grosso do Sul.** Dourados-MS: Universidade Federal da Grande Dourados, Programa de Pós-Graduação em Geografia-FCH, 2019. 121 p. (Dissertação de Mestrado).

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topology», Geological Society of America Bulletin, **63** (11): 1117–1142, 1952.

SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy. **Geol. Soc. America Bulletin**. n. 67, p. 597-646, 1956.

ZAVATTINI, J. A. Dinâmica Atmosférica e as Chuvas no Mato Grosso do Sul. 1990. 320 f. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, São Paulo: 1990.

Recebido em junho 2020.

Revisão realizada em novembro de 2020.

Aceito para publicação em março de 2021.