

## ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO CEROULA EM MATO GROSSO DO SUL

### MORPHOMETRIC ANALYSIS OF THE HYDROGRAPHIC BASIN OF CEROULA OF MATO GROSSO DO SUL

Rennan Vilhena Pirajá<sup>1</sup>  
Ary Tavares Rezende Filho<sup>2</sup>

**Resumo:** A bacia hidrográfica do córrego Ceroula está localizada no bioma Cerrado e abrange porções de quatro Municípios do Estado de Mato Grosso do Sul: Campo Grande, Terenos, Rochedo e Jaraguari, sendo o córrego Ceroula um dos afluentes que compõem a Bacia do Alto Paraguai (BAP). Este trabalho objetivou caracterizar a dinâmica hidrológica da bacia hidrográfica do córrego Ceroula. A metodologia baseou-se no levantamento dos aspectos e parâmetros morfométricos, por meio de geoprocessamento das imagens do radar *Shuttler radar topography mission* (SRTM) em um Sistema de Informações Geográficas (SIG) e pesquisa de campo. O estudo demonstrou que a rede de drenagem do córrego Ceroula é mais propícia ao escoamento superficial e a concentração do fluxo hídrico no exutório final, próximo ao rio Aquidauana. No entanto, apesar da curta extensão dos seus tributários e ao alto gradiente topográfico de suas nascentes, que favorecem respostas rápidas do fluxo hídrico durante os períodos chuvosos, o córrego Ceroula segue seu percurso encaixado em seu leito, não apresentando planície de inundação nem meandros abandonados. Podendo esta dinâmica estar associada ao basalto da Formação Serra Geral.

**Palavras-chave:** Geomorfometria; Rede de drenagem; Planejamento territorial.

**Abstract:** The hydrographic basin of the Ceroula stream is located in the Cerrado biome and covers portions of four municipalities of the State of Mato Grosso do Sul: Campo Grande, Terenos, Rochedo and Jaraguari, the Ceroula stream being one of the tributaries that make up the Upper Paraguay Basin (BAP). This work aimed to characterize the hydrological dynamics of the Ceroula stream basin. The methodology was based on the survey of the morphometric aspects and parameters, through geoprocessing of the Shuttler radar topography mission (SRTM) radar images in a Geographic Information System (GIS) and field research. The study showed that the drainage network of the Ceroula stream is more conducive to surface runoff and the concentration of water flow in the final exudate, near the Aquidauana river. Nevertheless, in spite of the short extension of its tributaries and the high topographic gradient of its springs, which favor rapid responses of the water flow during the rainy periods, the Ceroula stream follows its course embedded in its bed, presenting neither floodplain nor abandoned meanders. This dynamics can be associated to the Serra Geral Formation basalt.

**Keywords:** Geomorphometry; Drainage network; Territorial planning.

<sup>1</sup> Geógrafo pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande. E-mail: rennavilhena345@gmail.com

<sup>2</sup> Doutor em Geografia, Professor Adjunto A da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande. E-mail: ary.rezende@gmail.com

## Introdução

A morfometria é o estudo matemático das formações e configurações da superfície de uma bacia hidrográfica, expresso em índices comumente organizados em três grandes grupos: características geométricas, características da rede de drenagem e as características do relevo (CAMPANHARO, 2010).

Na visão de Pike *et al.* (2009), a Geomorfometria é uma abordagem interdisciplinar que abrange Matemática, Geociências e Ciências da Computação. Sua aplicação atualmente é principalmente na compartimentação do relevo, com o uso de Modelos Digitais de Superfície, para elaboração de produtos cartográficos geomorfológicos.

Vários parâmetros geomorfométricos têm sido descritos na tentativa de caracterizar a paisagem, destacando a altimetria e suas derivações de primeira e segunda ordem. Portanto, evitando a generalização dos atributos, a escolha dos mesmos deve estar de acordo com especificidade de cada paisagem.

A análise morfométrica pode ser definida como a “análise quantitativa das interações entre a fisiografia e a sua dinâmica hidrológica” que permite um conhecimento da dinâmica fluvial, bem como das relações existentes entre ela e os diversos componentes do meio físico e biótico de uma bacia hidrográfica (FARIA *et al.*, 2009).

Assim os índices morfométricos são importantes pressupostos para a prevenção de eventos hidrometeorológicos, como enchentes e estiagens, apontar áreas de maior suscetibilidade a processos erosivos, configurando importantes instrumentos para o planejamento e gestão territorial (LINDNER *et al.*, 2007).

Esses indicadores morfométricos justificam a sua importância na gestão dos espaços urbanos e rurais, e podem contribuir para um melhor aproveitamento dos recursos naturais, bem como na prevenção da degradação desses ambientes (TRAJANO *et al.*, 2012).

OS Modelos Digitais de Elevação do projeto *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM) levam em conta as cotas sobre influência da vegetação e das edificações, porém de fácil acesso e bastante aplicada em estudos de modelagem do relevo e obtenção de dados morfométricos com uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG's).

Métodos paramétricos destacam-se por fornecer uma base mais objetiva e uniforme na identificação de sistemas terrestres. Áreas cobertas com mapeamentos sistemáticos são também beneficiadas, uma vez que a preparação do material cartográfico para o processamento em SIG

demanda mão de obra e tempo expressivos nos custos de um projeto de pesquisa (FLORENZANO, 2008).

Apesar dos dados SRTM apresentarem limitações a uma condição ideal de uso (escala, resolução e precisão), sua disponibilidade, associada ao baixo custo de obtenção e de manipulação, torna a modelagem de tais bases uma alternativa viável na aplicação de métodos paramétricos para o estudo do terreno.

Nesse sentido, a morfometria aplicada a bacias hidrográficas amplia o entendimento sobre o comportamento hidrológico e o conhecimento das relações entre os processos de erosão e deposição resultantes do escoamento da água em canais fluviais e as formas de relevo dele derivadas (FLORENZANO, 2008).

A área de estudo deste trabalho corresponde à bacia hidrográfica do córrego Ceroula, um dos afluentes que compõem a bacia do Alto Paraguai, localizada no Estado de Mato Grosso do Sul. Este trabalho justifica-se por colaborar para um melhor entendimento da dinâmica hidrológica de bacias hidrográficas.

Este trabalho objetivou caracterizar a dinâmica hidrológica da bacia hidrográfica do córrego Ceroula. A metodologia baseou-se no levantamento dos aspectos e parâmetros morfométricos, por meio de geoprocessamento das imagens do radar *Shuttler radar topography mission* (SRTM) em um Sistema de Informações Geográficas (SIG) e pesquisa de campo.

## **Metodologia**

### **Localização da área de estudo**

A área de estudo, delimitada pela bacia hidrográfica do córrego Ceroula está localizada no bioma Cerrado e abrange porções de quatro Municípios do Estado de Mato Grosso do Sul: Campo Grande, Terenos, Rochedo e Jaraguari, e compreende uma área de 1.270,76 km<sup>2</sup>. Esta área localiza-se entre as coordenadas geográficas: 20° 9' 45.60" - 20° 31' 55.42" S e 54° 59' 2.54" - 54° 34' 30.07" O (Figura 1).

**Figura 1.** Localização da bacia hidrográfica do córrego Ceroula, Mato Grosso do Sul.

**Fonte:** Rennan Vilhena Pirajá; Ary Tavares Rezende Filho (2018).

Na bacia hidrográfica do córrego Ceroula são encontrados os assentamentos: Conquista, criado em 1999 e a comunidade de agricultores familiar tradicional Rural do Aguão, ambas criadas a partir do Programa Nacional da Reforma Agrária (PNRA); as comunidades de agricultura familiar: Sucuri, Só alegria, Beleza Pura e Vale do Sol, assentadas a partir da implementação, em 2003, do Programa Nacional de Crédito Fundiário (PNCF).

O clima de Campo Grande é reflexo do encontro de algumas massas de ar que atuam no território brasileiro. Segundo a classificação de Köppen, situa-se na faixa de transição entre o sub-tipo Cfa–mesotérmico úmido sem estiagem – em que a temperatura do mês mais quente é superior

a 25°C, tendo o mês mais seco com 30 mm de precipitação e o sub-tipo Aw – tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno (PLANURB, 2007).

Cerca de 75% das chuvas ocorrem entre os meses de outubro e abril, quando a temperatura média oscila em torno de 24°C. Os meses de menor precipitação são: junho, julho e agosto e a temperatura média é de 20°C. Os déficits hídricos ocorrem com maior intensidade nesses meses, onde a média das temperaturas mínimas é abaixo de 15°C. O mês mais seco é o mês de agosto (PLANURB, 2007).

A bacia hidrográfica do córrego Ceroula encontra-se inserida no Bioma Cerrado e as variações vegetativas estão associadas às características geomorfológicas, as áreas de cabeceira onde encontram-se as nascentes são matas secundárias e pastagens, com alguns fragmentos herbáceos acompanhando os canais de primeira ordem. No *front* da *cuesta* observa-se vegetação mais densa, característica de formação florestal submontana e no terceiro patamar, onde encontra-se a maior parte da bacia, observa-se fragmentos de formação savânicas alternando-se com encaves de florestas aluviais correspondentes as formações ripárias dos córregos da bacia.

### Fontes de dados metodológicos

O trabalho teve como referência a obtenção de parâmetros morfométricos através de geoprocessamento, o uso de imagens de sensores remotos e revisão bibliográfica dos principais trabalhos de mapeamentos realizados no Estado de Mato Grosso do Sul, como o Atlas Multireferencial do Estado de Mato Grosso do Sul, na escala de 1:1.500.000 (SEPLAN, 1990) e o Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (PCBAP) (BRASIL, 1997).

Foi realizada a delimitação e obtenção do arquivo *shapefile* da bacia hidrográfica de forma automática, por meio da carta do Modelo Digital de Elevação do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM): SF-21-X-B (MIRANDA, 2005), com auxílio de técnicas de fotointerpretação utilizando imagem do satélite Landsat 8 OLI na composição RGB/564 banda 8 (Pancromática) em Sistema de Informação Geográficas.

### Software e aquisição dos produtos cartográficos

A partir dos dados vetoriais de hidrografia e limite da bacia foram obtidos os seguintes dados: área e perímetro, assim como, comprimento do canal principal e o comprimento total dos rios. Com o uso dos Modelos Digitais de Elevação (MDE) foram obtidos os seguintes produtos temáticos: hipsométrico, declividade do terreno, fluxo de acumulação de água e perfil longitudinal

no Sistema de Informações Geográficas Arcgis 10 (ESRI, 2010). Também foi realizada uma modelagem em 3D da bacia com o MDE sobreposto por uma imagem do satélite Landsat 8 no módulo Arcscene do Arcgis favorecendo uma melhor interpretação visual da superfície da bacia.

As imagens SRTM são imagens captadas por sensores de visada vertical e lateral capazes de produzir três dimensões espaciais do relevo: latitude, longitude e altitude (x, y, z) e que são importantes instrumentos para estudos quali/quantitativos (CARVALHO e BAYER, 2008).

### Dados Morfométricos

Para a obtenção dos dados morfométricos apresentados neste trabalho utilizou-se a metodologia citada por Villela e Mattos (1975) para o cálculo do coeficiente de compacidade, fator de forma, densidade de drenagem e sinuosidade do curso d'água; a metodologia citada por Christofolletti (1980) para a análise hipsométrica; a classificação citada pela EMBRAPA (2006) para a obtenção do mapa de declividade e a classificação de Strahler (1952) *apud* Villela e Mattos (1975) para hierarquia fluvial.

A seguir são apresentadas as características morfométricas utilizadas neste trabalho, organizadas por Tonello (2005):

### Características geométricas

Área da BH (A) – a área de drenagem de uma bacia é a área plana inclusa entre seus divisores topográficos, sendo o elemento básico para o cálculo das outras características físicas, foi expressa em km<sup>2</sup> (VILLELA e MATTOS, 1975).

Perímetro da BH (P) – comprimento ao longo dos divisores de água.

Comprimento Axial da bacia (Lx) – comprimento da foz ao ponto mais distante do divisor de água da bacia.

Fator de Forma (Kf) - é a relação entre a largura média e o comprimento axial (La) da bacia. A largura média da bacia é obtida pela área da bacia dividida pelo comprimento da bacia. Este fator constitui um índice indicativo de tendências a enchentes correlacionando a bacia a uma forma retangular e foi obtido pela equação:  $Kf = A/L^2$

Coefficiente de Compacidade (Kc) – é a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual a da bacia. Quanto mais distante da unidade menor a possibilidade de enchentes. O índice do Kc foi obtido utilizando-se a equação:  $Kc=0,28 \times P/\sqrt{A}$

### Características da rede de drenagem

Comprimento do canal Principal (L) – é o comprimento do rio principal que se estende desde a sua nascente até a sua foz, expressa em km.

Comprimento total dos rios (Lt) – determinado pela soma do comprimento de todos os canais da bacia, expressa em km.

Densidade de Drenagem (Dd) - a densidade de drenagem correlaciona o comprimento total dos canais ou rios com a área da bacia hidrográfica. Quanto maior sua densidade de drenagem, mais rapidamente o volume d'água originada pelas chuvas chegará ao final da bacia. A densidade de drenagem foi obtida pela equação:  $Dd = Lt/A$

Índice de sinuosidade (Sin):  $Isin = L/Lt$ , onde Isin é o índice de sinuosidade; L é o comprimento do rio principal e, Lt é o comprimento do eixo da bacia;

Ordem da bacia - Reflete o grau de ramificação ou bifurcação dentro de uma bacia.

Coefficiente de manutenção (Cm):  $Cm = 1/Dd \times 1.000$ , onde Cm é o coeficiente de manutenção e Dd é a densidade de drenagem. Esse parâmetro fornece a área mínima necessária para a manutenção de um metro de escoamento;

### Características de relevo

Mapa hipsométrico – a hipsometria preocupa-se em estudar as inter-relações existentes em determinada unidade horizontal de espaço no tocante a sua distribuição em relação as faixas altitudinais, indicando a proporção ocupada por determinada área da superfície terrestre em relação às variáveis altimétricas a partir de determinada isoípsa base (CHRISTOFOLETTI,1980).

Amplitude altimétrica (Hm) - Diferença entre a altitude da desembocadura e a altitude do ponto mais elevado situado em qualquer lugar da divisória topográfica.

Relação de relevo (Rr):  $Rr = Hm/Lb$ , onde Rr é a relação de relevo; Hm é a amplitude topográfica máxima e Lb é o comprimento da bacia. Esse parâmetro estabelece a relação entre a diferença de altitudes máxima e mínima na bacia e o comprimento total do canal principal;

Índice de rugosidade (Ir):  $Ir = H \times Dd$ , onde Ir é o índice de rugosidade; H é a amplitude altimétrica e Dd é a densidade de drenagem. Índice de rugosidade elevado implica em maior potencial de erosão por escoamento hídrico.

Declividade da bacia – a declividade dos terrenos de uma bacia controla em boa parte a velocidade com que se dá o escoamento superficial, afetando, portanto, o tempo que leva a água da

chuva para concentrar-se nos leitos fluviais que constituem a rede de drenagem das bacias (VILELLA e MATTOS, 1975).

### **Pesquisa de campo**

A pesquisa de campo foi realizada durante a estação seca em 05 de agosto de 2018, associando a data mais próximas da teledetecção registrada pelo Landsat 8 OLI, em 02 de agosto de 2018 e baseou-se em observações da paisagem da bacia, registro fotográfico dos canais de drenagem associados às feições da geomorfologia fluvial dos canais de drenagem que compõem a bacia hidrográfica do córrego Ceroula.

### **Resultados e discussão**

A interpretação da dinâmica hidrológica da bacia do córrego Ceroula corresponde à análise dos atributos morfométricos da bacia e sua rede de drenagem, assim como, da sua morfologia, representados pelos índices de medições lineares e planimétricos (Quadro1).

**Quadro 1.** Características morfométricas da bacia hidrográfica do Córrego Ceroula.

Características Morfométricas	Resultados	Unidades
Perímetro ( <b>P</b> )	179,00	km
Área ( <b>A</b> )	1.270,76	km <sup>2</sup>
Comprimento do Rio Principal ( <b>L</b> )	74,52	km
Comprimento total dos canais ( <b>Lt</b> )	1.061,00	km
Densidade de Drenagem ( <b>Dd</b> )	0,83	km/km <sup>2</sup>
Comprimento Axial da Bacia ( <b>Lx</b> )	52,25	km
Largura Média da Bacia	27,24	km
Comprimento Axial do Cer. ( <b>La</b> )	61,84	km
Índice de Sinuosidade ( <b>Is</b> )	1,2	-
Fator de Forma ( <b>Kf</b> )	0,67	-
Coeficiente de Compacidade ( <b>Kc</b> )	1,40	-
Coeficiente de Manutenção ( <b>Cm</b> )	1.204,81	-
Amplitude altimétrica do Cer. ( <b>Hm</b> )	447	m
Ampl. altimétrica da Bacia ( <b>Hm</b> )	480	m
Relação de Relevo ( <b>Rr</b> )	8,55	m/km
Índice de rugosidade ( <b>Ir</b> )	371,01	-
Declividade	3 a 20	%
Ordem da bacia	6 <sup>a</sup>	-

Fonte: Rennan Vilhena Pirajá; Ary Tavares Rezende Filho (2018).

### Características Geométricas

A bacia hidrográfica do córrego Ceroula possui uma área de 1.270,74 km<sup>2</sup> e um perímetro de 179 km, situada na porção oeste da cidade de Campo Grande e a única bacia pertencente ao município com drenagem para o complexo do Pantanal.

A rede de drenagem do córrego Ceroula é bastante distribuída, o polígono formado pelos divisores de água que delimitam a bacia apresenta um padrão arborescente, afunilando gradualmente em direção à jusante do exutório final do córrego Ceroula. Esta característica geométrica implica no tempo de escoamento superficial de forma que o fluxo de água tende a concentrar-se mais rapidamente no exutório principal, e pôde ser inferida através do coeficiente de compacidade de 1,40 e do fator de forma de 0,67, pois, os índices com valores próximos a

“1” indicam que ela responde mais rapidamente ao escoamento e não a infiltração pelas águas das chuvas, indicando maior probabilidade de aumento rápido do volume de água no exutório final.

Para Vilella e Mattos (1975) o coeficiente de compacidade relaciona a proximidade da bacia com um círculo que possui um coeficiente igual a 1 e que quanto maior o  $K_c$  haverá menor probabilidade de enchentes na bacia. Nesse mesmo sentido, o fator de forma relaciona-se com um retângulo, ou seja, a área da bacia com o comprimento axial do curso d'água principal, pois, quanto mais distante da unidade ( $K_f=1$ ), ou seja, estreita e longa for à bacia, haverá menor probabilidade de enchentes.

Portanto, levando-se em conta apenas essas informações e os dados apresentados pelo coeficiente de compacidade e fator de forma da bacia do Ceroula é possível afirmar que o seu sistema de drenagem responde mais rapidamente ao escoamento, indicando maior probabilidade de aumento do volume de água em direção a jusante.

Santos *et al.* (2012) ao obterem o coeficiente de compacidade de 1,27 e fator de forma de 0,51 na bacia hidrográfica do rio São José, Cascavel, Paraná, que possui área de 143,17 km<sup>2</sup> e perímetro de 54,41 km, constataram que a bacia possui formato alongado, indicando que a forma da bacia, de modo geral, não favorece uma rápida concentração do fluxo de acumulação de água.

Já, Teodoro *et al.* (2007) ao obterem o coeficiente de compacidade de 1,03 e fator de forma de 1,07 na bacia hidrográfica do córrego Marivan, Araraquara, São Paulo, que possui área de 2,11 km<sup>2</sup> e perímetro de 5,37 km, constataram que o perímetro da bacia aproxima-se a um círculo, favorecendo os processos de inundação, pois há maiores possibilidades de chuvas intensas ocorrerem simultaneamente em toda a sua extensão, concentrando grande volume de água no tributário principal.

O estudo realizado na bacia hidrográfica do rio Cubatão do Sul, Santa Catarina, de 742,9 km<sup>2</sup> de área e 159,3 km de perímetro, ao obter o coeficiente de compacidade de 1,6 e fator de forma 2, Curtarelli (2009) constatou que, apesar da bacia possuir formato alongado, a análise sistêmica dos parâmetros morfométricos indicou que a bacia é suscetível a enchentes acentuadas.

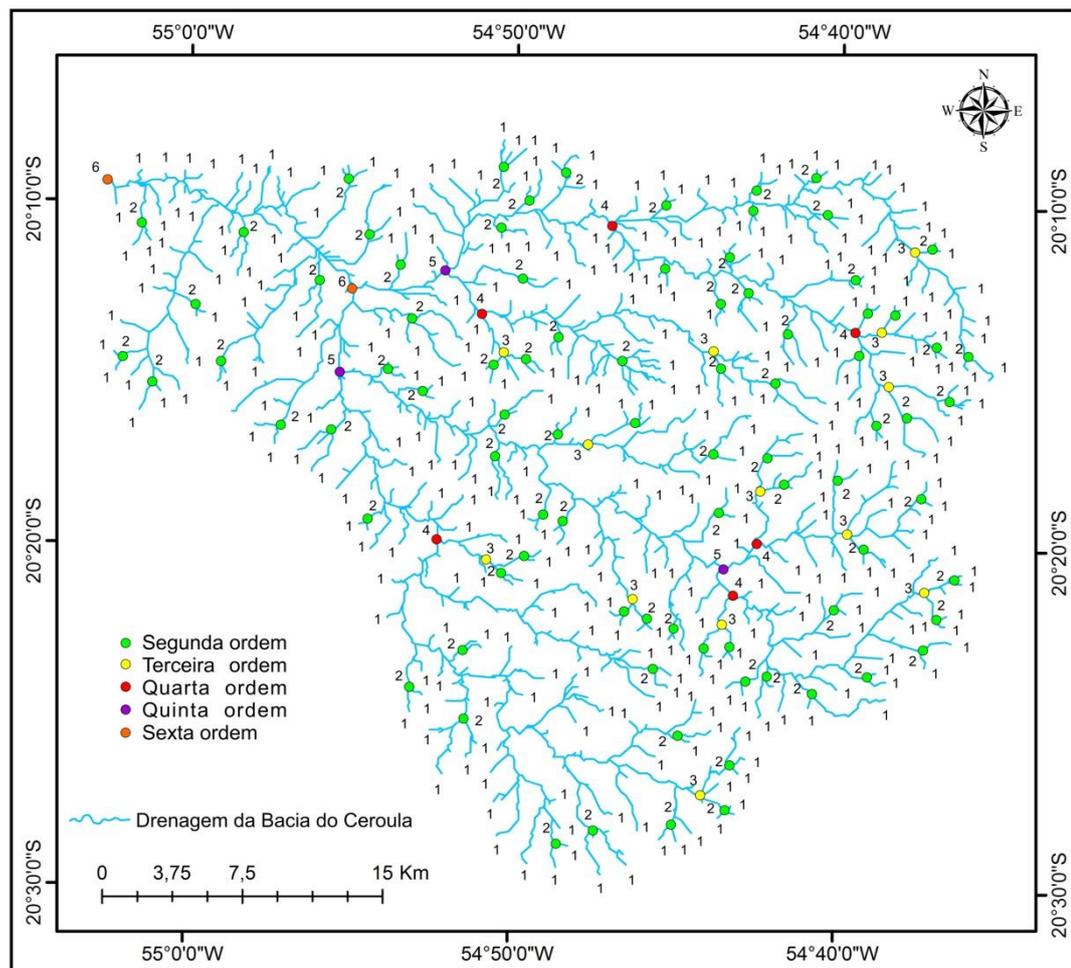
Contudo o coeficiente de compacidade e o fator de forma da bacia são apenas características geométricas, importantes indicativos do comportamento do sistema hidrológico de uma bacia hidrográfica, porém o que indica se a bacia é muito ou pouco propensa a picos de

enchentes é a análise sistêmica dos dados morfométricos que estão associados às características do relevo e ao sistema de drenagem.

### Características da Rede de Drenagem

O córrego Ceroula foi classificado conforme a hierarquia fluvial de Strahler (1952) como de 6º ordem. As áreas de nascentes dos tributários do córrego Ceroula encontram-se no divisor de águas das bacias dos rios Paraná e Paraguai, próximas a cidade de Campo Grande. Esses tributários de primeira ordem que nascem em cotas altimétricas mais elevadas e percorrem declividades mais acentuadas das escapas da *cuesta*, apesar de ainda possuírem pouco volume de água, constituem-se em canais perenes e provavelmente apresentam grande capacidade erosiva e de entalhe causados por sua velocidade, assim como, respondem mais rapidamente as precipitações e ao seu retorno a situação natural (Figura 2).

**Figura 2.** Hierarquia fluvial da bacia do córrego Ceroula.



Fonte: Rennan Vilhena Pirajá; Ary Tavares Rezende Filho (2018).

A área da bacia composta ao todo por 543 canais de drenagem, no entanto, 435 destes canais são de primeira ordem e 85 canais de segunda ordem, isto implica em um grande número de canais de baixa magnitude (Tabela 1). Segundo Santos (2004) a hierarquia fluvial ou o grau de ramificação permite ao planejador entender a complexidade do sistema hidrográfico.

Canais de drenagem de primeira ordem correspondem ao segmento de rio a partir das nascentes, onde o volume de água ainda é baixo. Canais de segunda ordem correspondem à confluência de dois segmentos de segunda ordem e os segmentos de rios de terceira ordem constituem a confluência de dois de segunda, assim sucessivamente, formando a hierarquia da rede de drenagem. Podemos concluir com esta análise da metodologia de Strahler (1952) que, quanto maior for à ordem do rio principal, maior será a quantidade de rios existentes, e maior será o fluxo hídrico da bacia.

**Tabela 1.** Hierarquia fluvial

Ordem de Canais	Nº de Segmentos
1 <sup>a</sup>	435
2 <sup>a</sup>	85
3 <sup>a</sup>	13
4 <sup>a</sup>	6
5 <sup>a</sup>	3
6 <sup>a</sup>	1
<b>Total</b>	<b>543</b>

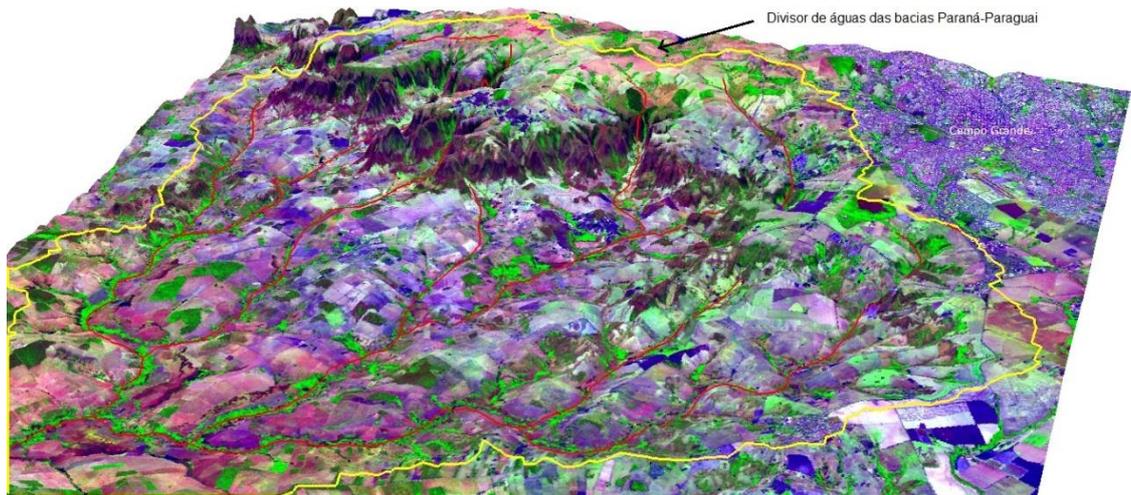
**Fonte:** Rennan Vilhena Pirajá; Ary Tavares Rezende Filho (2018).

O Comprimento total dos cursos fluviais que compõem a rede de drenagem do Ceroula é de 1.061,00 km. A densidade de drenagem da bacia do Ceroula é de 0,83 km/km<sup>2</sup>. Segundo Vilella e Mattos (1975), este índice infere uma bacia com drenagem regular, tendo em vista os parâmetros que variam de pobre ( $Dd < 0,5$  km/km<sup>2</sup>), ou seja, bacias mal drenadas devido à elevada permeabilidade ou precipitação escassa, a regular, que variam de ( $0,5 \leq Dd < 3,5$  km/km<sup>2</sup>) à bem drenadas ( $Dd \geq 3,5$  km/km<sup>2</sup>), bacias excepcionalmente bem drenadas ocorrem em áreas com elevada precipitação ou muito impermeável.

A densidade de drenagem regular corrobora com o coeficiente de manutenção, de 1.204,81, para a bacia do córrego Ceroula, pois, indica a área mínima necessária de escoamento, sendo menor que a área da bacia, estes parâmetros podem estar atribuídos ao substrato

geológico da Formação Serra Geral e a compartimentação do relevo em patamares e *cuesta*, onde encontram-se a maior parte das nascentes e canais de primeira e segunda ordem que compõem a bacia (Figura 3).

**Figura 3.** Bacia hidrográfica do córrego Ceroula. Modelo Digital de Elevação sobreposto por imagem de satélite Landsat 5.



**Fonte:** Rennan Vilhena Pirajá; Ary Tavares Rezende Filho (2018).

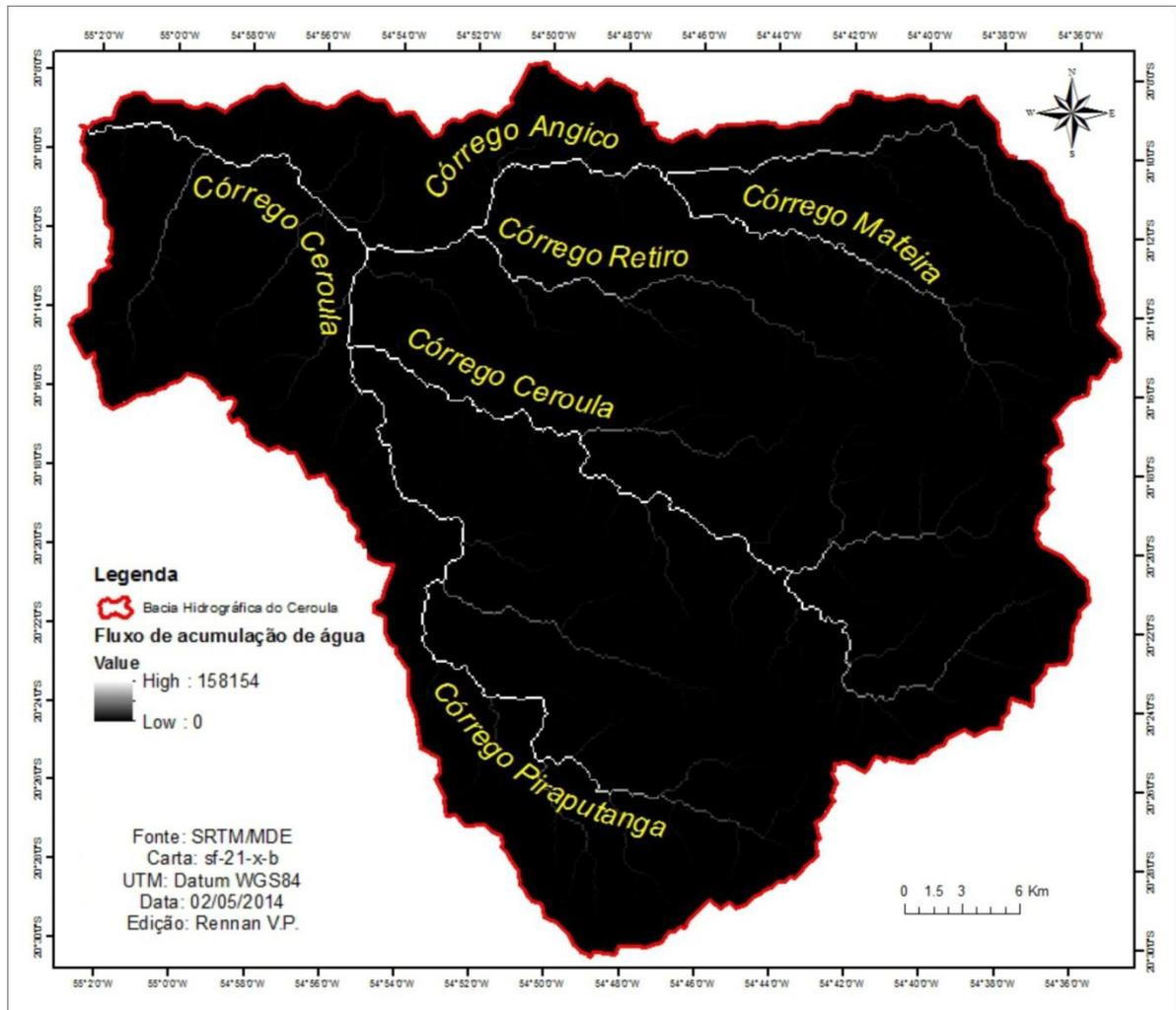
Conforme Nunes *et al.* (2006) a densidade de drenagem de 3 km/km<sup>2</sup> demonstra que a bacia do rio Atuba possui Dd elevada, ou seja, alta capacidade de escoamento de suas enchentes. Este coeficiente demonstra que o alto valor da densidade de drenagem revela uma baixa capacidade de infiltração no substrato rochoso e um relevo de topografia moderada.

Segundo Castro e Carvalho (2009) 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. Essa variável também se relaciona com os processos climáticos atuantes na área estudada, os quais influenciam o fornecimento e o transporte de material detrítico, pois, a densidade de drenagem está diretamente relacionada à capacidade de erosão fluvial, portanto, quanto maior for à densidade de drenagem, maior será o grau de dissecação do relevo, ou seja, haverá melhor eficiência em transportar sedimentos e maiores vazões em seu curso de água principal. As rochas mais impermeáveis possuem melhores condições para o escoamento superficial, possibilitando a formação de canais e, conseqüentemente, aumentando a densidade de drenagem.

O fluxo de acumulação de água revela os canais de drenagem de maior magnitude da bacia, responsáveis pelo maior fluxo de matéria e energia, assim como, demonstra o padrão

dendrítico da rede de drenagem da bacia do córrego Ceroula, conforme observamos na Figura 4.

**Figura 4.** Fluxo de acumulação de água demonstrando o padrão de drenagem dendrítico da bacia hidrográfica do córrego Ceroula.



Fonte: Rennan Vilhena Pirajá; Ary Tavares Rezende Filho (2018).

No terceiro patamar da borda ocidental da Bacia Sedimentar do Paraná (SEPLAN, 1990), os interflúvios dos tributários do Ceroula, como os córregos: Angico, Mateira, Retiro e Piraputanga, apresentam relevo bastante movimentado próximos ao *front* da *cuesta* e modelados tabulares bastante desgastados com declividades suaves que proporcionam relevos suaves ondulados a praticamente planos a jusante do córrego Ceroula.

A pesquisa de campo durante a estação seca proporcionou a observação de aspectos da geomorfologia fluvial do córrego Ceroula, como o leito rochoso, expondo as rochas basálticas

da Formação Serra Geral e fragmentos de basalto remobilizados pelo fluxo hídrico em direção à jusante (Figura 5).

**Figura 5.** Leito rochoso do córrego Ceroula durante a estação seca



**Fonte:** Rennan Vilhena Pirajá; Ary Tavares Rezende Filho (05/08/2018)

Contudo, o córrego Ceroula apresenta vertentes e fundos de vale bastante íngremes compondo bancos de solapamentos e terraços marginais expressivos, que indicam a erosão linear do córrego Ceroula que corre encaixado em seu leito, convergindo todos os seus afluentes para o seu curso em direção a jusante do seu exutório final que assinala sua foz no rio Aquidauana (Figura 6).

**Figura 6.** Calha do córrego Ceroula, o leito cada vez mais encaixado pela erosão linear vem formando terraços abruptos, em forma de paredes.

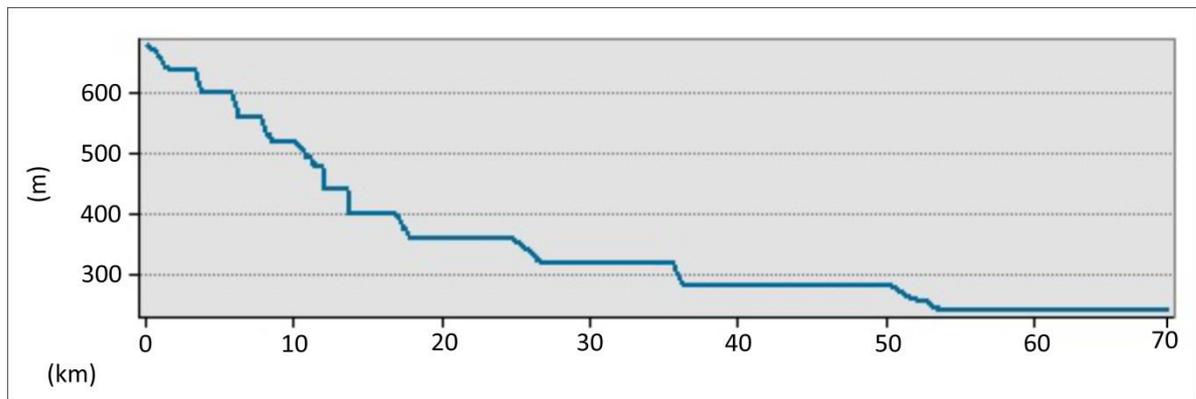


**Fonte:** Rennan Vilhena Pirajá; Ary Tavares Rezende Filho (05/08/2018).

### Características de relevo

As características de drenagem estão intimamente ligadas aos parâmetros de relevo da bacia estudada. O comprimento do córrego Ceroula é de 74,52 km, sua nascente principal encontra-se a 669 m e sua foz a 222 m de altitude, possui gradiente topográfico de 447 m. Durante a pesquisa de campo observou-se que o córrego Ceroula é bastante acidentado, e seu leito configura-se como degraus ao longo do seu curso, que variam de quedas d'água bastante expressivas a pequenas corredeiras. Conforme o perfil longitudinal apresentado na Figura 7 verifica-se que mais da metade do percurso do córrego Ceroula encontra-se entre as cotas de 200 e 300 m.

Elesbon *et al.* (2011) ressaltam que a velocidade do fluxo de água de um rio está diretamente ligada a sua declividade. No entanto, a baixa declividade apresentada pelo córrego Ceroula na maior parte do seu percurso indica a estabilização de sua vazão, mas não necessariamente a perda de magnitude, tendo em vista a influência da sua rede de canais tributários.

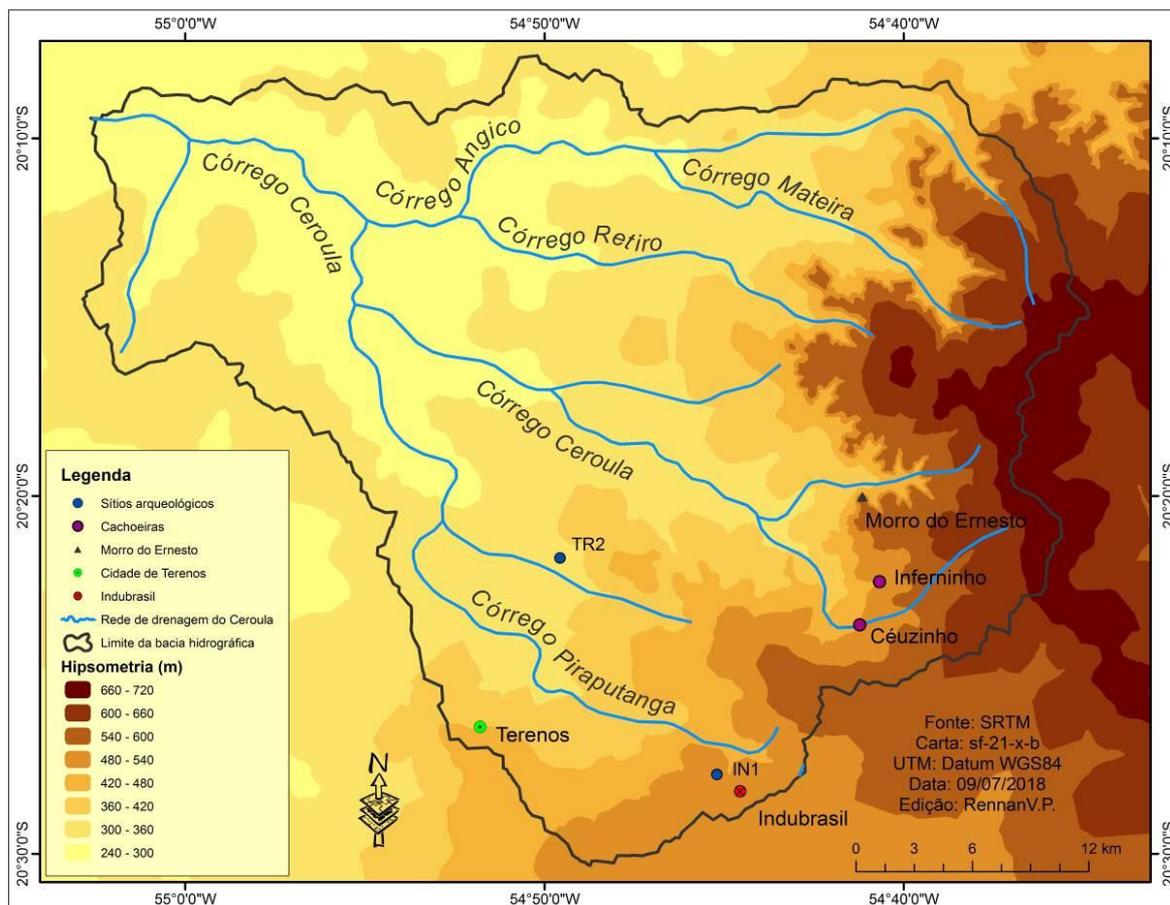
**Figura 7.** Perfil longitudinal do córrego Ceroula.

**Fonte:** Rennan Vilhena Pirajá; Ary Tavares Rezende Filho (2018).

A amplitude topográfica da bacia do córrego Ceroula é de 480 m. As nascentes dos principais canais tributários da rede de drenagem do córrego Ceroula encontra-se em cotas altimétricas que variam entre 540 a 720 m, correspondentes ao relevo de *cuesta* que forma o divisor de águas entre as bacias Paraguai e Paraná. Podemos inferir que com a alta amplitude topográfica da bacia do córrego Ceroula pode torna-la susceptível a interferências na temperatura e precipitação (Figura 8).

Segundo Vilella e Mattos (1975) a amplitude do relevo influencia não só na perda do material erodido pelo entalhamento do canal, mas pode também influenciar na temperatura e precipitação, pois, a variação da precipitação pela amplitude topográfica, influencia em toda a dinâmica hidrológica da bacia tais como: picos de enchente, taxa de infiltração, escoamento superficial e consequentemente no microclima.

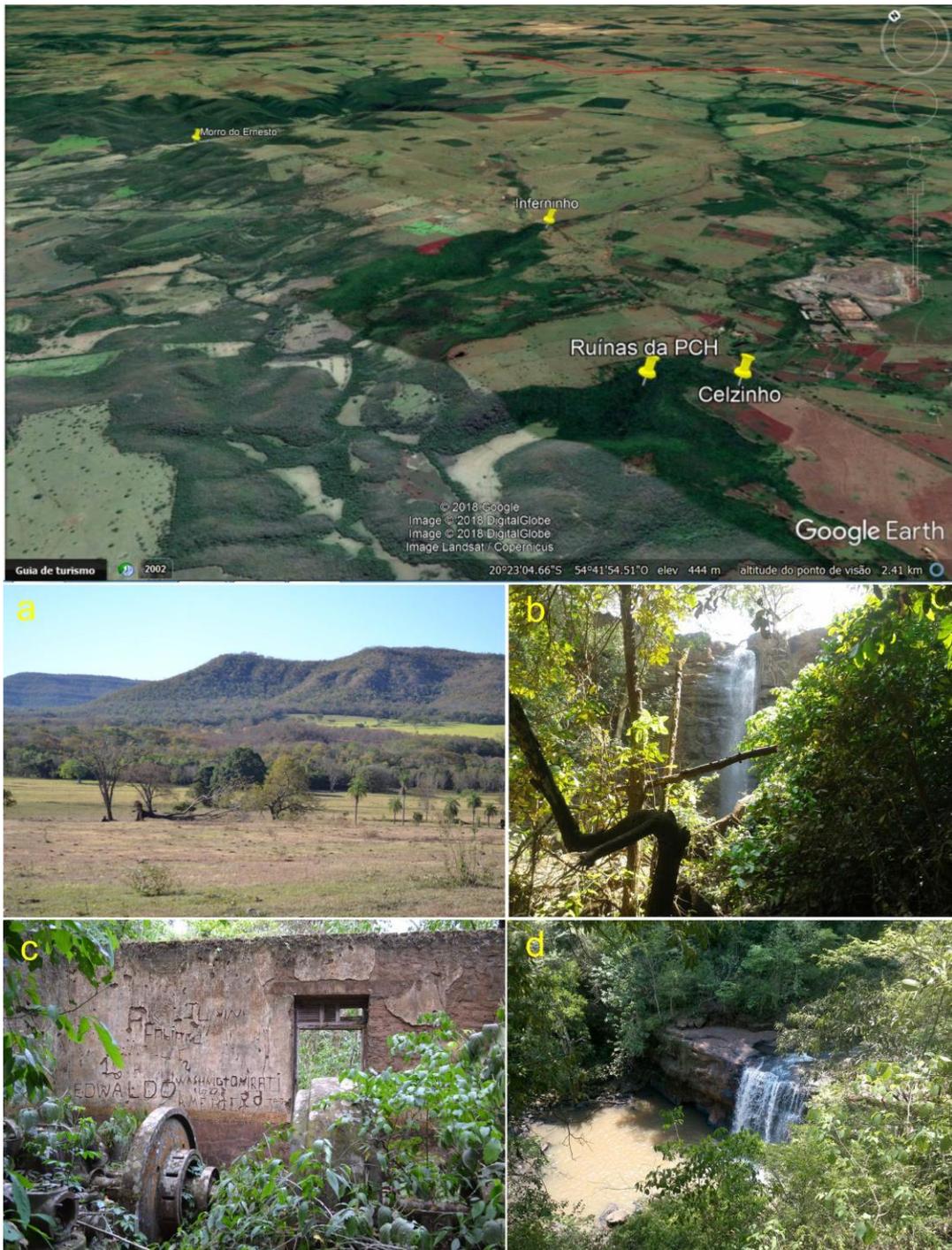
**Figura 8.** Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do córrego Ceroula.



**Fonte:** Rennan Vilhena Pirajá; Ary Tavares Rezende Filho (2018).

Por situar-se próxima ao perímetro urbano da cidade e abranger um considerável ponto de ruptura de declive, a bacia hidrográfica apresenta potencial turístico devido às quedas d'águas dos seus tributários, com nascentes em torno de cotas de 540 a 720 m de altitude, destacando-se as cachoeiras do Inferninho e do Ceuzinho, as ruínas de uma pequena usina hidrelétrica, além do mirante do Morro do Ernesto, utilizado como rampa de voo de asa delta e esportes de aventura (Figura 9).

**Figura 9.** Coletânea de imagens (descrição abaixo)



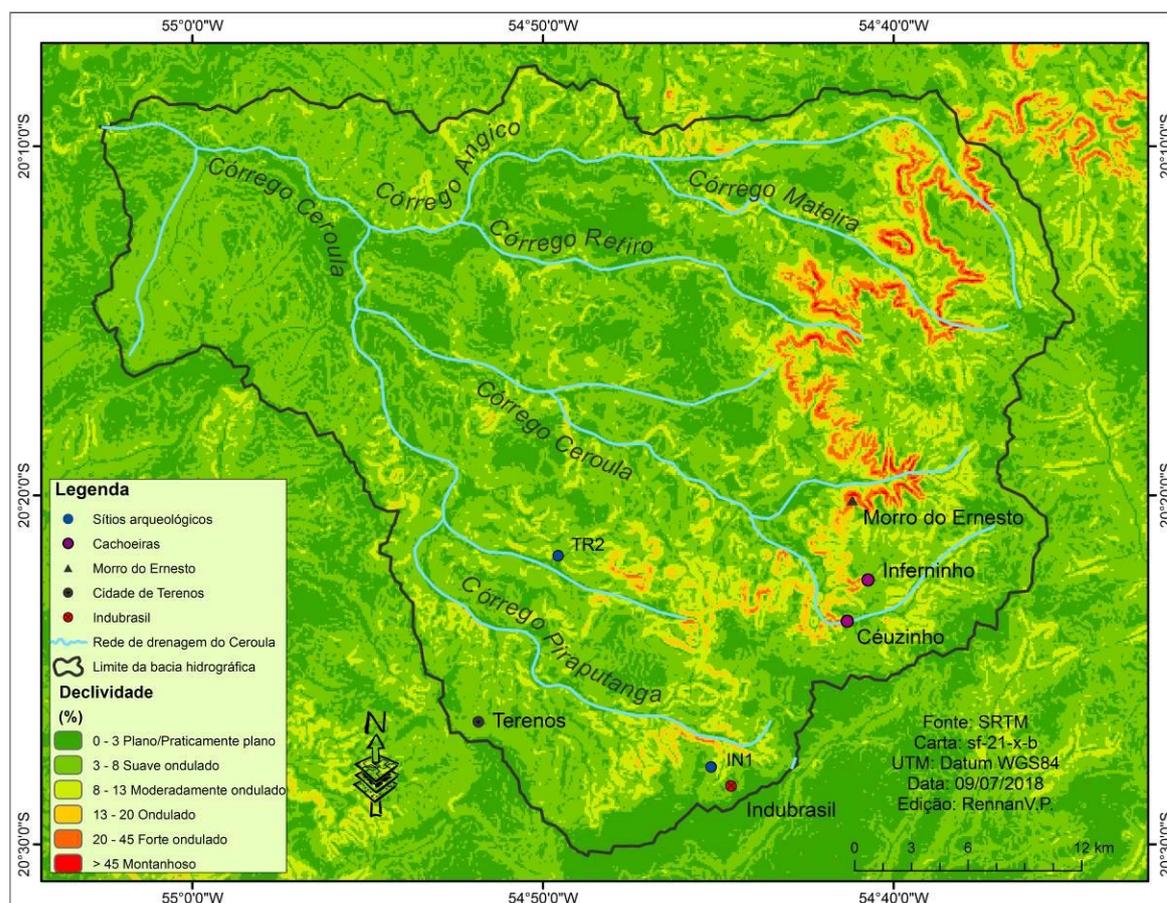
*a) Morro do Ernesto; b) Cachoeira do Inferninho; c) Ruínas da Pequena usina hidrelétrica que abastecia a cidade de Campo Grande entre as décadas de 1920 e 1970; d) Queda d'água a jusante da cachoeira do Ceuzinho.*

**Fonte:** Rennan Vilhena Pirajá; Ary Tavares Rezende Filho (2018).

O mapa clinográfico da bacia do córrego Ceroula foi classificado conforme os padrões sugeridos pela EMBRAPA (2006) e demonstra a variação do relevo de forte ondulado (20 a

45%) a montanhoso (>45%) que caracteriza a ruptura do relevo e os patamares onde a rede de drenagem da bacia está adaptada. De um modo geral o relevo da bacia varia de plano/praticamente plano (0-3%) e suave ondulado (3-8%) nos interflúvios tabulares dos principais canais tributários, e moderadamente ondulado (8-13%) a ondulado (13-20%) nos fundos de vales e vertentes (Figura 10).

**Figura 10** - Mapa de declividade do terreno da bacia do córrego Ceroula.



Fonte: Rennan Vilhena Pirajá; Ary Tavares Rezende Filho (2018).

Os parâmetros da relação de relevo, de 8,55 m/Km, e o índice de rugosidade, de 371,01, podem ser considerados elevados e indicam maior potencial de erosão por escoamento hídrico. No entanto, a exceção do ponto de ruptura no *front de cuesta* onde encontram-se as áreas de nascentes dos tributários, as declividades que variam entre plano/praticamente plano, relevo suave ondulado e moderadamente ondulado nos interflúvios e fundos de vale sugerem a percolação hídrica das águas das chuvas combinadas com o efeito rugosidade provocado pela vegetação nativa, destacando a importância da manutenção dos fragmentos de Cerrado e áreas de preservação permanentes na contenção dos processos erosivos na bacia (Figura 11).

**Figura 11.** Contraste topográfico: em primeiro plano, o relevo suavemente ondulado da depressão subsequente e em segundo plano o *front de cuesta*, onde nascem os canais tributários do Ceroula.



**Fonte:** Rennan Vilhena Pirajá; Ary Tavares Rezende Filho (05/08/2018).

### Considerações finais

O estudo demonstrou que a rede de drenagem do córrego Ceroula é mais propícia ao escoamento superficial e a concentração do fluxo hídrico no exutório final, próximo ao rio Aquidauana. No entanto, apesar da curta extensão dos seus tributários e ao alto gradiente topográfico de suas nascentes, que favorecem respostas rápidas do fluxo hídrico durante os períodos chuvosos, o córrego Ceroula segue seu percurso encaixado em seu leito, não apresentando planície de inundação nem meandros abandonados. Podendo esta dinâmica está associada ao basalto da Formação Serra Geral.

A substituição de vegetação natural por pastagens ainda constitui o maior fator impactante, favorecendo o carreamento de sedimentos, comprometendo os corredores de biodiversidade e a dinâmica hídrica da bacia. A utilização de imagens de radar satélites orbitais trabalhadas em um Sistema de Informações Geográficas (SIG) possibilitaram a análise e interpretação do comportamento hidrológico da bacia hidrográfica do córrego Ceroula pelas características morfométricas.

Diante deste contexto, no processo de uso e cobertura da superfície da bacia hidrográfica do córrego Ceroula deve-se pensar na priorização das áreas de preservação permanente como áreas de amortecimento para que possam garantir o máximo de proximidade da dinâmica natural do sistema

de drenagem e dos serviços ambientais, garantindo o futuro abastecimento de água para a capital do Estado.

## Referências

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (Pantanal) - PCBAP**. Brasília: PNMA. 1997.

CAMPANHARO, W. A. **Diagnostico físico da bacia do rio Santa Maria do Doce-ES**. 66 f. Monografia (Graduação) – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. 2010.

CARVALHO, T. M.; BAYER, M. 2008. **Utilização dos produtos da “Shuttle Radar Topography Mission” (SRTM) no mapeamento geomorfológico do Estado de Goiás**. Revista Brasileira de Geomorfologia – Ano 9, nº 1. Disponível em: <[www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/download/99/93](http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/download/99/93)> Acesso em: 21 de ago. 2013.

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

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2ª ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1980.

CURTARELLI, M. P. **SIG aplicado à caracterização morfométrica de bacias hidrográficas – estudo de caso da bacia hidrográfica do rio Cubatão do Sul – Santa Catarina/Brasil**. Anais XIV simpósio brasileiro de sensoriamento remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 4693-4699.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa - SPI; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

ESRI. Environmental Systems Research Institute Inc. **ARC VIEW version 10.0**. New York: 2010. 1 CD-ROM.

ELESBON, A.A.A.; GUEDES, H.A.S.; SILVA, D.D.; OLIVEIRA, I.C. **Uso de dados SRTM e plataforma SIG na caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do braço norte do rio São Mateus – Brasil**. Revista Escola de Minas, v.64, n.3, p.281-288, 2011.

FARIA, M. M.; ZACCHI, R. C.; FERREIRA, E. S. **Caracterização morfométrica e biológica da Bacia Hidrográfica do Córrego Serafim, Sub-Bacia do Rio Paraibuna, Juiz de Fora MG**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13, 2009, Viçosa, MG. [Anais...] Viçosa, MG: Editora da Universidade Federal de Viçosa, 13., 2009.

FLORENZANO, T. G. (Org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 320p.

LINDNER, E. A.; GOMIG, K.; KOBAYAMA, M. **Sensoriamento remoto aplicado à caracterização morfométrica e classificação do uso do solo na bacia rio do Peixe/SC.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. Anais... Florianópolis: Inpe, 2007. p. 3405-3412.

MIRANDA, E. E. (Coord.). **Brasil em Relevo.** Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite. 2005. [online]. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpem.br>>. Acesso em: 02 jan. 2017.

NUNES, F.G; RIBEIRO, N.C.; FIORI, A.P. **Propriedades morfométricas e aspectos físicos da bacia hidrográfica do rio Atuba: Curitiba-Paraná. 2006.** VI Simpósio Nacional de Geomorfologia. Geomorfologia tropical e subtropical: processos, métodos e técnicas, Goiânia-GO.

PIKE, R. J.; EVANS, I. S.; HENGL, T. Geomorphometry: A Brief Guide. In: HENGL, T.; REUTER, H. I. (Eds). **Geomorphometry: Concepts, Softwares, Applications.** 1ed. Amsterdam: Elsevier. 2009. v. 33. Cap. 1, p. 3-30.

PLANURB. **Relatório de Avaliação Ambiental (RAA).** Programa de Desenvolvimento Integrado e Qualificação Urbana de Campo Grande/MS – Viva Campo Grande. 2007. Disponível em: <<http://www.pmcg.ms.gov.br/planurb/downloads?categoria=36>> Acesso em: 17 abr. 2018.

SANTOS, R. S. **Planejamento Ambiental. Teoria e prática.** 1 ed. São Paulo: Oficina de textos, 2004. 23 p; 43 p.

SEPLAN. Secretária Estadual de Planejamento. **Atlas Multirreferencial do Mato Grosso do Sul.** 1 ed. Campo Grande, Brasil, 1990. 28p.

SANTOS, D. B., VIDOTTO, M. L., BERTINATTO, R., MARCON, G. R. S. FRIGO, E. P. **Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio São José, Cascavel, PR.** Artigo científico. Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias, Guarapuava-PR, v.5, n.2, p. 7-18, 2012.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) – analysis of erosion al topography. **Geological Society of America Bulletin**, McLean, v. 63, n. 10, p. 1117-1142, 1952.

TEODORO, V. L. I., TEIXEIRA, D. COSTA, T. J. L., FULLER, B. B. **O Conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local.** Revista Uniara, n.20, 2007.

TONELLO, K.C. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães, MG.** 2005. 69p. Tese (Doutorado em Ciências Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

VILLELA, S.M., MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada.** São Paulo: McGraw – Hill do Brasil, 1975, 245p.

TRAJANO, S. R. R. S.; SPADOTTO, C. A.; OLLER, W. A.; DALTIÓ, J.; MARTINHO, P. R. R.; FOIS, N. S.; SANTOS, B. B. O.; TOSCHI, H. H.; LISBOA, F. S.; **Análise morfométrica de bacia hidrográfica : subsídio à gestão territorial, estudo de caso no alto e médio Mamanguape. -**

<https://periodicosonline.uems.br/index.php/GEOF/index>

**Campinas, SP**, 2012. 33 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Gestão Territorial, ISSN 2317-8779 ; 2).

*Recebido em 12 de março de 2019.*

*Aceito em 27 de março de 2019.*