

## **CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS E HIDRODINÂMICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO CACHOEIRINHA, MUNICÍPIO DE CÁCERES - MATO GROSSO**

Marcos dos **SANTOS**

Docente na Graduação e Pós-Graduação em Geografia - Universidade do Estado de Mato  
Grosso

E-mail: mdsantos@unemat.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6857-8712>

Célia Alves de **SOUZA**

Docente na Pós-Graduação em Geografia - Universidade do Estado de Mato Grosso

E-mail: celiaalves@unemat.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9068-9328>

Juberto Babilônia de **SOUSA**

Docente na Pós-Graduação em Geografia - Universidade do Estado de Mato Grosso e no  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Brasil

E-mail: juberto.sousa@ifmt.edu.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7752-1416>

*Recebido  
Abril de 2023*

*Aceito  
Março de 2024*

*Publicado  
Abril de 2024*

---

**Resumo:** O escopo deste estudo consiste: análise das características morfométricas e da hidrodinâmica da bacia hidrográfica do córrego Cachoeirinha, afluente da margem esquerda do rio Paraguai, estado de Mato Grosso, justificando-se pela necessidade da produção de conhecimentos sobre a dinâmica da bacia. A metodologia incluiu trabalhos de gabinete para a fundamentação teórica, definição dos locais das seções de estudo, confecção dos mapas e análise dos dados; atividades de campo para reconhecimento da bacia e a coleta das amostras de água e sedimentos de fundo; análises em laboratório para classificar e quantificar os sedimentos de fundo e suspensão. Os resultados mostraram que a bacia é classificada em 4ª ordem, com rede de drenagem paralela, subsequente e obsequente, sem possibilidade de

enchentes em razão de sua forma comprida. A densidade de drenagem foi calculada em 0,54 km/km<sup>2</sup> e a de canais 0,11 canais/km<sup>2</sup>. A maior velocidade, vazão e capacidade de descarga sólida nos períodos de cheia e estiagem ocorreu na seção IV (médio curso), podendo ser justificado pela presença de afloramentos rochosos com corredeiras a montante da seção. A predominância de sedimentos sólidos suspensos no período de cheia ocorreu na seção VII (840 mg/l) e no período de estiagem nas seções IV, VI e VII (200 mg/l). No baixo curso, registrou o aumento exponencial na descarga sólida durante o período de cheia nas seções VII (338,20 t/dia), VIII (593,04 t/dia) e IX (6.053,46 t/dia), fator que confirma a capacidade do córrego transportar sedimentos ao rio Paraguai.

**Palavras-chave:** Sedimentos; dinâmica fluvial; batimetria.

### **MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS AND THE HYDRODYNAMICS OF THE CACHOEIRINHA STREAM WATERSHED, IN CÁCERES - MATO GROSSO**

**Abstract:** The scope of this study consists of an analysis of the morphometric characteristics and the hydrodynamics of the Cachoeirinha Stream Basin, an affluent of the left bank of the Paraguay River, Mato Grosso, justified by the need to produce knowledge about the dynamics of the basin. The methodology included cabinet work for the theoretical background, definition of the study section places, preparation of maps and data analysis; field activities for basin reconnaissance and collection of water and bottom sediment samples, and lab analysis to classify and quantify the bottom and suspended sediments. The results showed that the basin is classified as 4th order, with a parallel, subsequent and obsequent drainage network, with no possibility of flooding due to its long shape. The drainage density was calculated at 0.54 km/km<sup>2</sup> and that of channels 0.11 channels/km<sup>2</sup>. The highest velocity and flow capacity in both flood and low flow periods occurred in section IV (medium course), can be justified by the presence of rocky outcrops with rapids upstream of the section. The predominance of suspended solid sediments in the flood period occurred in section VII (840 mg/l) and in the dry period in sections IV, VI and VII (200 mg/l). In the lower course, an exponential increase in solid discharge was recorded during the flood period in sections VII (338.20 t/day), VIII (593.04 t/day) and IX (6,053.46 t/day), a factor that confirms the capacity of the stream to transport sediments to the Paraguay River.

**Keywords:** Sediments; river dynamics; bathymetry.

### **CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS E HIDRODINÁMICAS DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL ARROYO CACHOEIRINHA, MUNICIPIO DE CÁCERES - MATO GROSSO**

**Resumen:** Este estudio analiza las características morfométricas e hidrodinámicas de la cuenca del arroyo Cachoeirinha, tributario de la margen izquierda del río Paraguay, en el sur occidente del Estado de Mato Grosso, atendiendo la necesidad de producción de conocimiento sobre esta cuenca. La metodología incluyó trabajo de oficina para la fundamentación teórica, definición de los locales de las secciones de estudio, confección de los mapas y análisis de los datos; actividades de campo para el reconocimiento de la cuenca y la recolecta de las muestras de agua y sedimentos del fondo; y, análisis en laboratorio para clasificar y cuantificar los sedimentos del fondo y en suspensión. Los resultados revelaron que se trata de una cuenca clasificada como de 4<sup>a</sup> orden, con red de drenaje paralela, subsecuente y obsecuente, sin posibilidad de inundaciones en razón a su formato alargado. La densidad de drenaje fue calculada en 0,54 km/km<sup>2</sup> y la de canales en 0,11 canales/km<sup>2</sup>. La mayor velocidad y capacidad de caudal en los periodos de llena y sequía ocurrieron en la sección IV (curso medio), se puede justificar por la

presencia de afloramientos rocosos con rápidos rio arriba de la sección. La predominancia de sedimentos sólidos en suspensión en el periodo de la llena ocurrió en la sección VII (840 mg/l) y en el periodo de sequía en las secciones IV, VI y VII (200 mg/l). En el curso inferior del rio se registró el aumento exponencial en la descarga sólida durante el periodo de llena en las secciones VII (338,20 t/día), VIII (593,04 t/día) y IX (6.053,46 t/día), factor que confirma la capacidad del arroyo transportar sedimentos al río Paraguai.

**Palabras clave:** Sedimentos; dinámica fluvial; batimetria.

## INTRODUÇÃO

Para Silveira (1993), bacia hidrográfica é uma área delimitada pelo relevo ou divisor de água de maior altitude, que serve de captação natural de água pluvial que escoar por várias vertentes, formando uma rede de drenagem fluvial, que se unem até formar um canal principal com um único ponto de saída.

As bacias hidrográficas ou bacias de drenagem são sistemas abertos com entrada e saída de água e minerais, formadas por bacias menores em seu interior, onde a água, primeiramente, passa por dois processos simultâneos: a infiltração e o escoamento superficial. Neste último, ela desce as encostas sob a forma de escoamento superficial em formato de fluxo laminar até chegar aos canais fluviais (Christopherson; Birkeland, 2017).

Para Sukristiyanti e Lestiana (2018), a análise de bacias hidrográficas com base em parâmetros morfométricos é muito importante para o planejamento do uso e conservação, sendo ainda o melhor método para identificar os resultados da relação dos aspectos físicos e humanos em escala local e regional.

É de extrema relevância o conhecimento dos dados morfométricos de uma bacia hidrográfica, pois é necessário avaliar suas vulnerabilidades, tais como: picos de enchentes, processos erosivos e assoreamento. Caso não haja um manejo adequado, associado às formas de uso da terra, a tendência é que ocorram impactos ambientais severos, capazes de comprometer a qualidade e a quantidade de água através do assoreamento dos corpos hídricos (Fiorese; Torres, 2019).

O transporte dos sedimentos é influenciado pela granulação das partículas (tamanho e forma) e as características da corrente fluvial, através da turbulência e as forças hidrodinâmicas exercidas sobre as partículas. A carga sólida de fundo é formada por partículas de tamanhos maiores (areia, cascalho ou seixos rolados), que saltam ou rolam ao longo do leito fluvial. A carga em suspensão constitui-se de partículas finas, silte e argila, as quais se conservam suspensas na água até que a velocidade do fluxo consiga movimentá-las (Cunha, 2008).

Para Santos (2013), estudos da dinâmica fluvial em bacias hidrográficas são de extrema importância por discutir seu funcionamento natural, possíveis alterações provocadas por ações

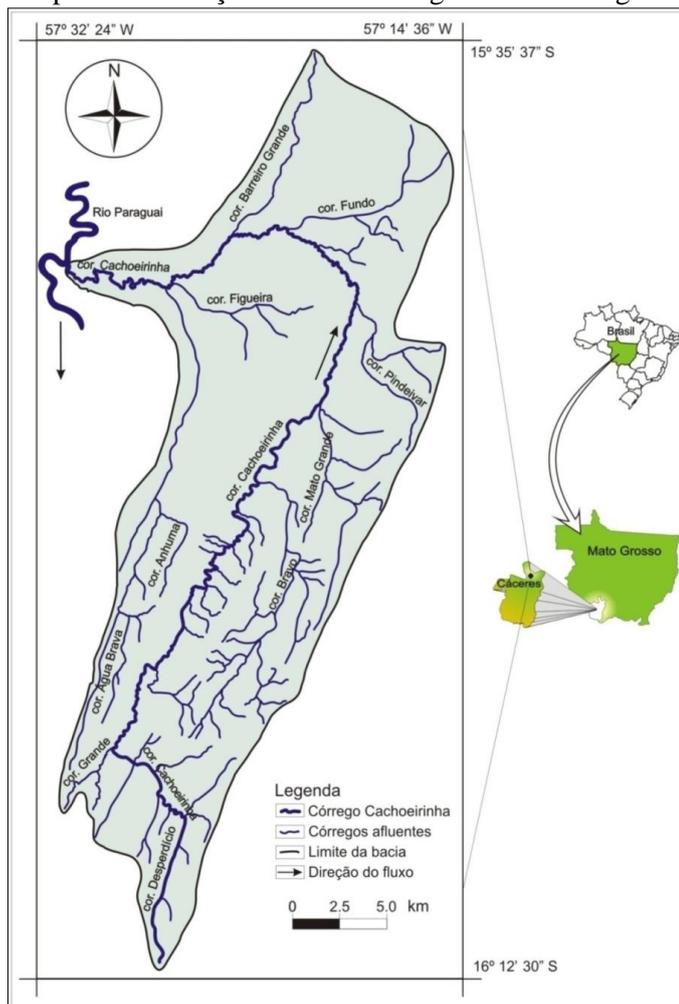
antrópicas e a realização de apontamentos de medidas de mitigação que poderão auxiliar na gestão e no gerenciamento dos recursos hídricos. Diante do contexto, o presente estudo objetiva analisar as características morfométricas e a hidrodinâmica da bacia hidrográfica do córrego Cachoeirinha, na perspectiva de conhecer a sua capacidade de aporte de água e sedimentos para a calha do rio Paraguai.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Área de estudo

A bacia hidrográfica do córrego Cachoeirinha localiza-se no sudoeste do estado de Mato Grosso, a nordeste do município de Cáceres, entre as coordenadas geográficas  $15^{\circ} 35' 37''$  e  $16^{\circ} 12' 30''$  S e  $57^{\circ} 14' 36''$  e  $57^{\circ} 32' 24''$  W; possui suas nascentes na Província Serrana, percorre os vales da Depressão do Alto Paraguai e deságua na margem esquerda, em área de planície do rio Paraguai (Figura 1).

Figura 1 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do córrego Cachoeirinha

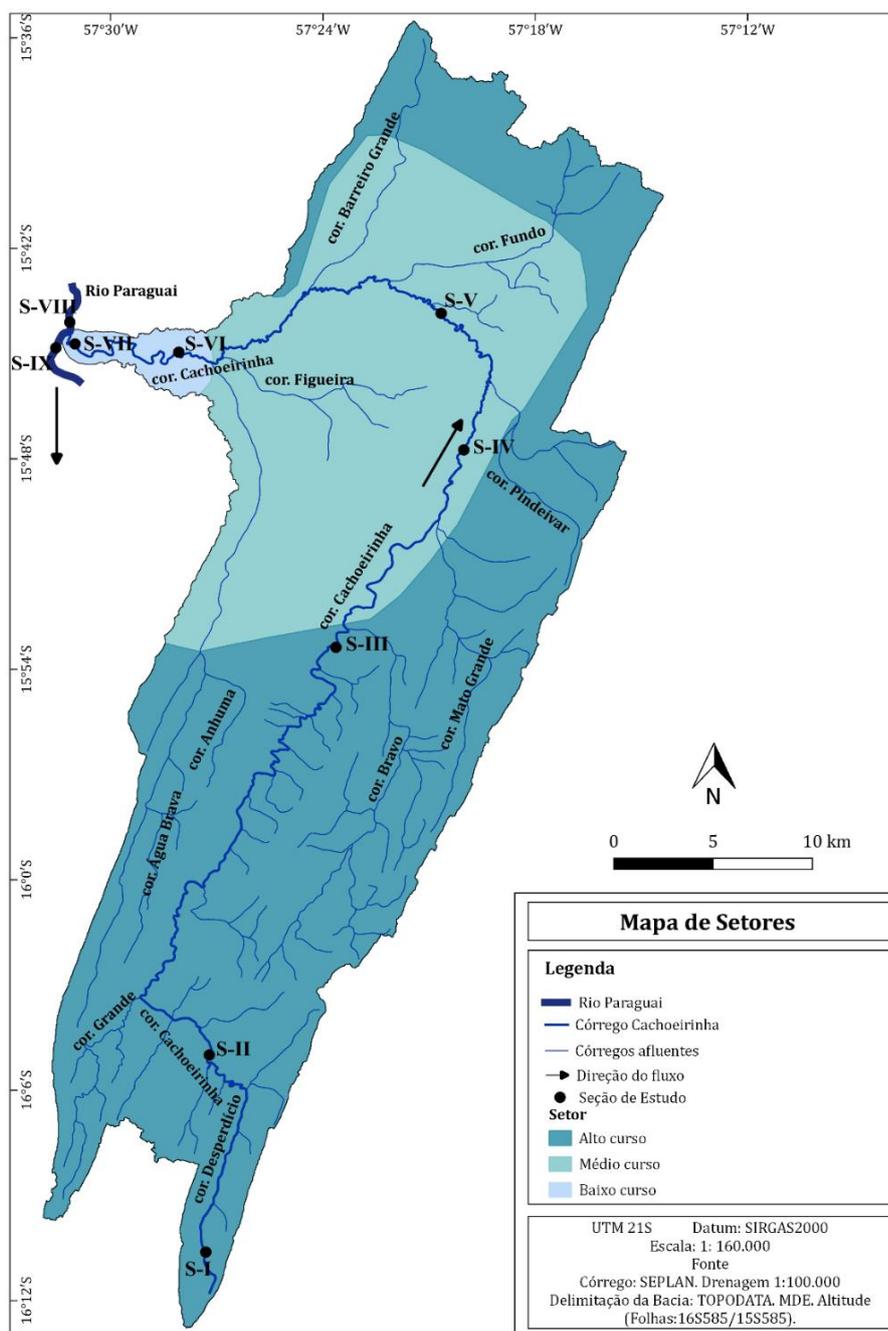


Fonte: Cartas topográficas do Ministério do Exército (1975). Elaborado pelo autor.

## Procedimentos metodológicos

Tiveram início com atividades de gabinete na revisão conceitual em referências bibliográficas, como orientam Marconi e Lakatos (2007). Para nortear os estudos, a bacia foi dividida em três setores: alto, médio e baixo curso, em que foram estabelecidas as seções: I, II e III (alto curso), IV e V no médio curso, VI e VII no baixo curso e as seções VIII e IX no rio Paraguai, a montante e jusante da foz do córrego Cachoeirinha (Figura 2).

Figura 2 - Mapa da divisão dos setores da bacia e das seções de estudo



Fonte: Seplan. Elaborado pelo autor (2022).

O mapa da bacia foi elaborado através do *software QGis 3.4.6*. Para as informações de referência geográfica, foi utilizado o DATUM SIRGAS 2000. Na extração automática da área bacia hidrográfica, foi empregado o Modelo Digital de Elevação (MDE), obtido no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) do banco de dados geomorfométricos do Brasil (2008) TOPODATA (30m) utilizando as folhas: 15 S585 ZN e 16 S585 ZN. Para a delimitação automática da bacia, foi adotada a ferramenta *r.watershed*.

Foram utilizadas as cartas topográficas do Ministério do Exército, Brasil (1975) na escala de 1:100.000 - Folhas: SE. 21-V-B-II – Cáceres, SD.21-Y-D-V – Três Rios, SE.21-V-B-III – Serra da Campina e SD.21-Y-D-VI – Serra da Palmeira e imagens do *Google Earth Pro/2022*, considerando as diferentes características ambientais do clima, geologia, solo, vegetação e, principalmente, a geomorfologia que influenciam na dinâmica fluvial.

### Morfometria da rede de drenagem

Para determinar a morfometria do sistema de drenagem da bacia, foram seguidos os parâmetros identificados no (Quadro 1).

Quadro 1 - Parâmetros de identificação da morfometria.

Parâmetro	Equação	Referência
Declividade média	$D\% = C/P$ D% = declividade média, %; C= maior comprimento do canal principal; P= perímetro da bacia.	Lima (1989)
Altitude média	$Hm = (AM + Am) / 2$ Hm = altitude média, m; AM = maior altitude, m; Am = menor altitude, m.	
Amplitude altimétrica	$H = AM - Am$ H = amplitude altimétrica, m; AM = maior altitude, m; Am = menor altitude, m.	
Hierarquia fluvial	considera os canais de primeira ordem, somando-se às ordens seguintes.	Strahler (1957)

Fonte: Organizado pelo autor (2022).

Os demais parâmetros e equações utilizadas nos estudos lineares, de superfície e hipsométrico na bacia, são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 - Parâmetros morfométricos, equações e padrão de referência

Parâmetros	Equações	Padrão de referência
<b>LINEARES</b>		
Relação de bifurcação <b>Rb</b> (N°T/km <sup>2</sup> )	$Rb = \frac{N}{N + 1}$ <p><b>Rb</b> é a relação de bifurcação; <b>N</b> é o número de segmentos 1° ordem e <b>N+1</b> é número de segmentos da ordem superior.</p>	A razão de bifurcação tende a ser constante e, geralmente, varia entre 3,0 e 5,0, porém não será exatamente a mesma de uma ordem a outra (Strahler, 1964).
Relação entre o comprimento do rio principal e a área da bacia (km)	$L = 1,5 \times A^{0,65}$ <p>L = comprimento do rio principal, em km.</p>	Para chegar a essa relação, foi usada a fórmula de Hack (1957, <i>apud</i> Christofolletti, 1980).
Gradiente de canais ( <b>Gc</b> ) (%)	$G_c = \frac{A m^x}{C_{cp}} \times 1000$ <p><b>A m<sup>x</sup></b>= Altitude máxima em metros e <b>C<sub>cp</sub></b>= Comprimento do canal principal em metros.</p>	O gradiente de canais tem como finalidade indicar a declividade dos cursos d'água (Pardilha; Souza, 2013).
Índice de sinuosidade ( <b>Is</b> )	$I_s = \frac{C_{cp}}{C_B}$ <p><b>I<sub>s</sub></b> é o índice de sinuosidade; <b>C<sub>cp</sub></b> é o comprimento do rio principal, e <b>C<sub>B</sub></b> é o comprimento do eixo da bacia.</p>	Schumm (1963) apresenta uma classificação para riachos com base no seu índice de sinuosidade: tortuosos (2,1), irregulares (1,7), regulares (1,5), transicionais (1,2) e retilíneos (1,0).
<b>SUPERFÍCIE</b>		
Fator de forma – ( <b>Ff</b> )	$L_m = A / CbF_f = \frac{L_{mb}}{Cb}$ <p>A largura média (<b>L<sub>m</sub></b>) obtém-se dividindo a área (<b>A</b>) pelo comprimento da bacia (<b>Cb</b>).</p>	1,00 - 0,75: Circular, alta tendência; 0,75 - 0,50: Ovalada, tendência mediana; 0,50 - 0,30: Alongada, baixa tendência; < 0,30: Comprida com tendência a conservação (nada propensa a enchente) (Pardilha; Souza, 2013).
Coefficiente de compacidade – ( <b>Kc</b> )	$K_c = 0,28 \times \frac{P}{\sqrt{A_{km^2}}}$ <p>Onde: <b>P</b> – Perímetro e <b>A<sub>km<sup>2</sup></sub></b> - Área da bacia em quilômetros quadrados.</p>	Valores entre 1,00 e 1,25: alta propensão; de 1,25 a 1,50: média; e valores superiores a 1,50 representam bacias não propensas a enchentes (Costa; Lança, 2011, p. 9).
Índice de circularidade ( <b>Ic</b> )	$I_c = \frac{12,57 \times A}{P^2}$ <p>Onde: <b>A</b> área em km<sup>2</sup> e <b>P</b>= perímetro <sup>2</sup>.</p>	1,00 - 0,8: Circular, alta tendência 0,8 - 0,6: Ovalada, tendência mediana 0,6 - 0,40: Alongada, baixa tendência < 0,40: Comprida com tendência a conservação (nada propensa a enchente) (Pardilha; Souza, 2013).
Densidade hidrográfica ( <b>Dh</b> ) (Canais/ km <sup>2</sup> )	$D_h = \frac{T_c}{A}$ <p><b>D<sub>h</sub></b> = Densidade hidrográfica e o <b>T<sub>c</sub></b>= Números total de canais e <b>A</b> = Área da bacia.</p>	Estabelece a relação entre o número de cursos d'água e a área, alta densidade hidrográfica, pode inferir maior capacidade de gerar canais, independentemente de suas extensões (Veiga <i>et al.</i> , 2013).
Densidade de drenagem ( <b>Dd</b> ) (km/km <sup>2</sup> )	$D_d = \frac{Ct_c}{A_{Bh}}$ <p><b>Ct<sub>c</sub></b>= Comprimento total de canais em km; <b>A<sub>Bh</sub></b> = Área da bacia em km<sup>2</sup>.</p>	Até 0,5: baixa densidade; de 0,5 a 2,00: média; 2,01 a 3,50: alta; e valores superiores a 3,50: densidade de drenagem muito alta (Beltrame, 1994).
Coefficiente de manutenção ( <b>Cm</b> ) (m <sup>2</sup> /m)	$C_m = \frac{1}{Dd} \times 1.000$	Representa a quantidade de área necessária para manter ativo um quilômetro (km) de canal fluvial (Schumm, 1956), (Trajano <i>et al.</i> , 2012, p. 25).

	<i>Cm</i> é o coeficiente de manutenção e <i>Dd</i> é a densidade de drenagem.	
<b>HIPSOMÉTRICO</b>		
Relação de relevo ( <i>Rr</i> )	$Rr = \frac{H_{mx}}{C_B}$ <i>H<sub>mx</sub></i> = Amplitude máxima; <i>C<sub>Bh</sub></i> = maior comprimento da bacia.	Quanto maior o valor de <i>Rr</i> , maior será o desnível entre a cabeceira e a foz, conseqüentemente, maior será a declividade média da bacia e maior o escoamento superficial (Christofolletti, 1980).
Índice de rugosidade – ( <i>Ir</i> )	$Ir = Hx Dd$ <i>Ir</i> é o índice de rugosidade; <i>H</i> é a amplitude altimétrica, e <i>Dd</i> é a densidade de drenagem.	Este índice mostra a relação de declividade com o comprimento dos canais, sendo que, quanto maior for o índice, mais colinoso e dissecado o relevo (maiores declividades) e canais mais entalhados (Castro; Carvalho, 2009).
Razão de textura ( <i>Rt</i> )	$Rt = \frac{Ns^{1^\circ}}{P}$ <i>Ns<sup>1°</sup></i> é o número de segmentos de 1ª- ordem e o perímetro <i>P</i> da bacia.	A razão de textura pode ser agrupada em muito grossa (< 2,0), grossa (2,0 < 4,0), moderada (4,0 < 6,0), fina (6,0 < 8,0) e muito fina (> 8,0) (França, 1968).

Fonte: Organizado pelo autor (2022).

### Hidrodinâmica da bacia

Foi monitorada a batimetria nos períodos de cheia e estiagem. Para cada seção, foi medida a largura do canal, a profundidade média, a velocidade, a vazão, coletadas amostras de água para analisar os sedimentos sólidos suspensos e a descarga sólida (t/dia).

### Monitoramento da batimetria

**Profundidade** - Foi estabelecido um transecto transversal ao canal fluvial em cada seção. Para medir a profundidade, foi utilizada uma trena fixada em uma haste de madeira medindo três metros de comprimento, que era introduzida na água para verificar a variação das profundidades. Foram realizadas 03 (três) medições, a saber: uma no talvegue e as outras duas a 02 (dois) metros de distância de cada margem. Em seguida, os três valores das profundidades foram anotados, somados e divididos por 03 (três), obtendo-se a média aritmética da profundidade de cada seção, no córrego Cachoeirinha e no rio Paraguai.

**Largura** - Para determinar a largura do córrego Cachoeirinha, foi utilizada uma trena de 50 (cinquenta) metros, esticando-a de uma margem a outra canal. Para o rio Paraguai, foi utilizado o aplicativo *Google Earth Pro*, em que é possível empregar a função “Linha” e medir distâncias no terreno, nesse caso, a distância entre as margens do rio.

**Área molhada** - Para definir a área molhada da calha fluvial, foi utilizada as medidas da largura do rio e do córrego, multiplicando-se pelas respectivas profundidades médias, como orienta Cunha (1996) através da equação:  $A = L.P$

Sendo: A= área molhada; L= Largura; P= Profundidade --- (m<sup>2</sup>).

**Velocidade** - A velocidade do fluxo foi obtida utilizando-se flutuadores (folhas verdes), em que foi pré-determinado um espaço de 10 (dez) metros da embarcação até uma garrafa pet amarrada a um fio de nylon. O tempo gasto para o flutuador percorrer essa distância foi marcado por um cronômetro. Para evitar oscilação nos resultados da velocidade, a medição foi repetida três vezes, os valores anotados, somados e divididos por três, obtendo-se a média aritmética, como orienta Cunha (2008), sendo utilizada a equação:

Onde:  $V$  = velocidade;  $d$  = distância;  $t$  = tempo --- (m/s).

$$V = \frac{d}{t}$$

**Vazão** - Para determinar a vazão, foi utilizada uma trena de 50 metros e verificada a largura e a profundidade em seções transversais ao canal (a dois metros das margens e no talvegue), sendo utilizada a equação sugerida por Cunha (1996), sendo:  $Q = V \cdot A$

Onde:  $Q$  = vazão;  $V$  = velocidade da água;  $A$  = área --- (m<sup>3</sup>/s).

**Determinação da descarga sólida suspensa** - Os valores de descarga (QSS) foram determinados pelo somatório do produto entre a concentração de sedimento suspenso da vertical (CSSi) e a respectiva descarga líquida da vertical (Qli), conforme (Carvalho, 2009).

$$Q_{ss} = \sum (C_{ssi} \cdot Q_{li}) \cdot 0,0864$$

Em que:

$Q_{ss}$  = descarga sólida em suspensão (t/dia-1);

$C_{ssi}$  = concentração de sedimento em suspensão da vertical (mg/L -1);

$Q_{li}$  = descarga líquida da respectiva vertical (m<sup>3</sup>/s-1);

0,0864 = segundos totais em 24 horas.

**Atividades de campo** - Foram desenvolvidos em duas etapas, sendo a primeira em março/2022, durante o período de cheia, e a segunda no mês de agosto/2022, no período de estiagem. As atividades foram desenvolvidas com o objetivo de realizar levantamentos, reconhecimento, definição da localização das seções de estudo, observados os tipos de margem, características do canal, ações antrópicas, a realização de batimetria e a coleta das amostras de água.

**Coleta da água** – As coletas foram realizadas manualmente no centro do canal (talvegue) e acondicionadas em garrafas plásticas de 01 (um) litro. Para melhor distribuição e homogeneização da água coletada em termos de profundidade,  $\frac{1}{2}$ (meia) garrafa foi preenchida a 10 (dez) centímetros abaixo da superfície da lâmina d'água e o restante da garrafa, completada a 50% da profundidade do canal.

Depois de coletada, as garrafas foram etiquetadas, constando o número da seção na qual foi realizada a coleta e armazenadas em caixa térmica contendo gelo, visando à manutenção da qualidade do material durante um período máximo de 24 horas, até iniciar o processo de análise no laboratório (Souza *et al.*, 2019).

### Análise de laboratório

**Concentração de sedimentos suspensos** - As análises laboratoriais e o tratamento dos dados estatísticos foram feitos no Laboratório de Pesquisa e Estudos em Geomorfologia Fluvial – LAPEGEOF/UNEMAT de Cáceres/MT. A concentração dos sedimentos suspensos foi definida através do método de evaporação, como orienta Carvalho *et al.* (2000).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Morfologia e morfometria da bacia hidrográfica

A caracterização da morfologia e da morfometria permitiu mostrar que a distribuição, a disponibilidade e o comportamento hídrico são influenciados pelos condicionantes ambientais da bacia (Tabela 1).

Tabela 1 - Parâmetros morfológicos e morfométricos da bacia do córrego Cachoeirinha

<b>SUPERFÍCIE</b>		<b>TOTAL</b>
	Área da bacia (km <sup>2</sup> )	952,61
Fator forma		0,21
	Ordem máxima	4 <sup>a</sup>
	Número de nascentes	109
	Índice de circularidade	0,26
	Densidade hidrográfica (canais/km <sup>2</sup> )	0,11
	Densidade de drenagem (km/km <sup>2</sup> )	0,54
	Coefficiente de manutenção (m <sup>2</sup> /m)	1.851,85
	Coefficiente de compacidade	1,94
<b>LINEAR</b>		
	Perímetro (km)	214,5
	Comprimento do canal principal (km)	129,62
	Comprimento total dos canais (km)	520,62
	Comprimento do eixo da bacia (km)	61,31
	Relação de bifurcação	4,40
	Gradiente de canais (%)	5,56
	Índice de sinuosidade	2,11
<b>HIPSOMÉTRICO</b>		
	Relação de relevo (m/km)	8,54
	Índice de rugosidade	319,68
	Razão de textura	0,39
	Declividade média (%)	60
	Altitude média (m)	425
	Amplitude altimétrica (m)	592

Fonte: Organizado pelo autor (2022).

O córrego Cachoeirinha possui 129,62km de comprimento, com seus afluentes, drena uma área de 952,61 km<sup>2</sup>, classificada pela sua grandeza espacial como “média”. A rede de drenagem do alto e médio curso é controlada pela estrutura geológica e geomorfológica da Província Serrana, fazendo com que a direção do fluxo acompanhe a inclinação do relevo, seguindo pela zona de fraqueza no fundo dos vales em sentido oposto à do rio receptor, formando uma drenagem subsequente.

As nascentes estão nos sopés das serras da Província Serrana, escoam acompanhando o fundo dos vales paralelos até alcançar o leito do córrego Cachoeirinha. Desse modo, enquadra-se como padrão de drenagem paralela. O fator forma da bacia é de 0,21, o índice de circularidade 0,26 e coeficiente de capacidade 1,94, demonstrando que a bacia possui forma comprida, com tendência à conservação e com baixa possibilidade de enchente, o que evidencia alta capacidade de escoamento, sem que haja estrangulamento da vazão.

O índice de rugosidade é de 319,68, a declividade média 60%, indicando que esse ambiente possui relevos com declives, resultando em canais entalhados e baixa densidade de drenagem. Quanto ao índice de sinuosidade, o córrego apresentou o valor de 2,11, enquadrando-se como tortuoso na classificação de Schumm (1963) e meândrico conforme Christofolletti (1980). Ao percorrer o fundo dos vales entre as serras e os morros do alto curso, o córrego apresenta o padrão meândrico encaixado. A calha possui o perfil transversal em formato “U”, pois o controle estrutural das feições morfológicas conduziu ao entalhamento vertical, desgastando o fundo do canal e preservando as margens íngremes.

O gradiente de canais da bacia do Cachoeirinha foi de 5,56%, mostrando que o nível de inclinação dos canais é baixo, principalmente nas áreas em que o relevo é de ondulado a plano no médio e baixo curso, pois um canal fluvial com menor gradiente significa que o fluxo terá menor velocidade, maior sedimentação e, conseqüentemente, menor profundidade na calha fluvial. A relação de bifurcação foi de 4,40, considerada com magnitude alta, em razão das áreas dissecadas das serras e dos morros da Província Serrana com controle estrutural responsável pela formação de vertentes, ou seja, esse índice possui relação direta com a topografia e a geologia.

O córrego possui duas nascentes influenciadas por rochas de arenito da Formação Raizama, localizadas em encostas de serras. A primeira encontra-se no flanco oriental da serra da Chapola a 564 metros de altitude, onde o fluxo de água surge em uma fenda na rocha (Figura 3-A). A segunda está a 552 metros de altitude na encosta ocidental da serra da Campina em um ambiente de saprolito, mantendo um pequeno acúmulo d'água represado por blocos de rocha na base do declive (Figura 3-B).

Figura 3 – A: Vista parcial da nascente do córrego Cachoeirinha na serra da Chapola.

Figura 3 – B: Vista parcial da nascente na serra da Campina.



Fonte: Acervo do autor (2022).

A bacia do Cachoeirinha é formada por 109 canais fluviais, sendo 84 de 1ª ordem, 19 de 2ª ordem, 5 (cinco) de 3ª ordem e 1 (um) de 4ª ordem, classificando-se na hierarquia fluvial como 4ª ordem. A maioria dos canais sendo de primeira ordem, serve de parâmetro para maior possibilidade de dissecação do relevo provocada pelo controle estrutural das vertentes ao longo das encostas das serras, nas falhas, fraturas, afloramentos e dobramentos, evidenciando a existência de áreas com fragilidade ambiental em razão da declividade do relevo. O padrão de escoamento da bacia é exorreica, porque é um contribuinte do rio Paraguai, tributário do rio Paraná, um dos formadores da grande bacia Platina que escoam para o oceano Atlântico. O alto e o médio curso da bacia apresentam fluxo rápido. No baixo curso, com a perda do controle estrutural e a redução do desnível longitudinal, o canal assume o padrão meandrante divagante.

O comprimento total dos canais é de 520,62 km. A densidade 0,54 km/km<sup>2</sup>, classificando-se como drenagem média, em que o maior número de canais aparece no alto curso, reduzindo no médio e sendo sem afluentes no baixo curso. Para explicar esse resultado, podem ser considerados: a presença do arenito na composição litológica do alto curso; as rochas carbonáticas que podem criar dutos, fissuras que armazenam água na subsuperfície; as serras e morros da Província que impedem a formação de vertentes; as características climáticas; o encaixamento dos canais fluviais; o desnível longitudinal da bacia; o desmatamento das áreas de encosta, dentre outros.

A densidade de canais é de 0,11 canais/km<sup>2</sup>, considerada muito baixa, relacionando-se à geologia, as feições geomorfológicas e à sazonalidade pluvial. O desnível altimétrico da nascente à foz é de 441 metros. A partir da nascente do córrego, os 75 km em que se encontram as seções I, II, III e IV, o gradiente é de 407 metros. Nesse trecho, a declividade do terreno, que somado aos afloramentos e blocos rochosos no fundo do canal, constituem a rugosidade do

leito, tornando o fluxo turbulento. O menor gradiente (4 m) é encontrado a partir da seção VI (133 metros de altitude) à foz do córrego Cachoeirinha, em que se registra a altitude de 129 metros, sendo a área de influência da planície do rio Paraguai.

A bacia é formada por afluentes e subafluentes, divididos nos regimes de fluxos perenes, intermitentes e efêmeros. Nos períodos de cheia, a força das águas do escoamento pluvial que descem pelas encostas dá início ao processo de cavitação. Blocos de rocha que estão dentro das vertentes efêmeras podem ser quebrados da base, rolados, fragmentados e transportados para a jusante. Em razão das formações geomorfológicas do alto e médio curso, provoca rápida transferência do volume hídrico através do escoamento superficial, reduzindo o tempo de residência da água na bacia. Isso leva a considerar que há uma redução da água sendo estocada nos aquíferos da região, se comparado ao volume precipitado.

### **Hidrodinâmica da bacia**

**Alto curso** - Uma região de cabeceira com altitudes de 213 a 516 m, possui 59 km de comprimento, uma área de 603,43 km<sup>2</sup> equivalente a 63,34% da área da bacia, onde foram estabelecidas as seções I, II e III.

**Seção I** - Encontra-se a 516 metros de altitude, no vale do desperdício (Fazenda Tetéia), onde o canal fluvial é influenciado pelo controle estrutural das feições morfológicas da Província Serrana. A área molhada da seção foi de 0,1 m<sup>2</sup> no período de cheia e 0,08 m<sup>2</sup> na estiagem. Em razão do baixo fluxo na estiagem, não foi possível obter os resultados da velocidade, vazão e descarga sólida.

Nas proximidades dessa seção, a montante e a jusante, o canal fluvial é encaixado e a seção transversal entre as margens possui a forma de “U”. A ação dos processos erosivos e deposicionais formam pequenos depósitos em barras e cordões marginais de areias. Os períodos de cheia e estiagem são determinantes para a dinâmica fluvial (Tabela 2).

A carga em suspensão mostrou-se aumentada de forma inversa, se comparados os períodos de chuva e estiagem. No período de estiagem, ocorreu o pisoteio e a movimentação de bovinos dentro do córrego a fim de desse dentação. Com isso, as concentrações apareceram maiores (60 mg/l), se comparadas ao período de cheia (40 mg/l).

**Seção II**- O canal do córrego apresenta-se com menor sinuosidade, mas permanece com o leito encaixado em forma de “U”. Nas barras de sedimentos formadas nas margens convexas, aparece material grosseiro (areia e seixos de arenito rolado) que foi depositado durante os períodos de chuva. A erosão marginal é um processo atuante no córrego, com desgaste no

período de cheia, através da desagregação, contribuindo no processo de assoreamento do canal, na composição dos sedimentos de fundo e em suspensão.

Tabela 2 - Características hidrodinâmicas das seções nos períodos de cheia e estiagem

Seção	Localização	Características	Períodos	
			Cheia	Estiagem
S-I	16°10'30.25" S 57°27'26.85" W	Largura (m)	2,00	1,60
		Profundidade média (m)	0,05	0,05
		Velocidade (m/s)	0,36	0,00
		Vazão (m <sup>3</sup> /s)	0,03	0,00
		Sedimentos (mg/l)	40	60
		Descarga sólida (t/dia)	0,10	0,00
S-II	16°05'12.93" S 57°27'08.88" W	Largura (m)	4,68	2,80
		Profundidade média (m)	0,27	0,08
		Velocidade (m/s)	0,34	0,32
		Vazão (m <sup>3</sup> /s)	0,42	0,07
		Sedimentos (mg/l)	240	40
		Descarga sólida (t/dia)	8,70	0,24
S-III	15°52'59,09" S 57°23'36.71" W	Largura (m)	12,90	11,60
		Profundidade média (m)	0,41	0,40
		Velocidade (m/s)	0,60	0,30
		Vazão (m <sup>3</sup> /s)	3,16	1,39
		Sedimentos (mg/l)	140	80
		Descarga sólida (t/dia)	38,22	9,60

Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

A área molhada foi de 0,74 m<sup>2</sup>, a velocidade do fluxo 0,34 m/s no período de cheia e 0,32 m/s na estiagem, quase não apresentando alteração. Entretanto, a vazão reduziu de 0,42 m<sup>3</sup>/s no período de cheia para 0,07 m<sup>3</sup>/s na estiagem, a concentração de sólidos suspensos baixou de 240 mg/l para 40 mg/l e, conseqüentemente, a descarga sólida de 8,70 t/dia para 0,24 t/dia (Tabela 2), em consequência da redução do fluxo entre as duas estações.

Nessa seção, registra-se a formação de barra de soldadura (cordão marginal), ataque de erosão em ambas as margens e o depósito de areias e seixos rolados no centro do canal. Quanto à vazão, ocorreu uma acentuada variação de 0,438 m<sup>3</sup>/s para 0,073 m<sup>3</sup>/s do período de cheia para a estiagem. O cordão marginal aparece após um meandro a 1,00 m (um) afastado, paralelo à margem, com 10,00 m (dez) de comprimento, com aproximadamente 0,45 cm de altura e 0,70 cm de largura, onde o fluxo é mais lento em forma de redemoinho (margem côncava), visualmente, composto por areia grossa.

**Seção III** - Encontra-se na Fazenda Rio Cachoeira, na altitude de 213 m. A área média da seção foi de 4,96 m<sup>2</sup>, a velocidade do fluxo 0,60 m/s, com a vazão de 3,16 m<sup>3</sup>/s, no período de cheia, basicamente 50% acima, se comparado ao período de estiagem. Em relação aos sedimentos em suspensão, houve redução entre os dois períodos, cheia e estiagem (140 mg/l

para 80 mg/l) em razão da diminuição da velocidade e da vazão, alterando também a descarga sólida de 38,32 t/dia para 9,60 t/dia. Isso evidenciou que, quanto menor o fluxo, menor é a capacidade de transporte de material suspenso (Tabela 2).

Nesta seção o canal é retilíneo e encaixado, com poucas marcas do processo de erosão das margens ou bancos de sedimentos. Entretanto, aparecem seixos rolados de arenito originados pela cavitação. Os fragmentos são arredondados ou semi-arredondados, medindo aproximadamente 20 a 100 mm de diâmetro. O depósito desses materiais é causado pela redução da capacidade de transporte, seja pela estiagem, profundidade, aumento no calibre do material ou o abatimento da velocidade em função dos obstáculos no leito fluvial formados pelos afloramentos rochosos, troncos de árvores, entre outros.

**Médio curso** - Possui 53,00 km de comprimento, uma área de 331,85 m<sup>2</sup>, equivalente a 34,84% da bacia, em altitudes de 157 a 168 metros, onde foram estabelecidas as seções IV e V.

**Seção IV** - Localizada no sítio Sete Quedas, com altitude de 168 m, o córrego encontra-se encaixado em fundo de vale e a ocorrência de encostas com suave inclinação. A área da seção molhada no período de cheia foi de 12,67 m<sup>2</sup> e na estiagem 9,9 m<sup>2</sup>. Mesmo com a diminuição na capacidade de transporte na estiagem, o fluxo permaneceu transportando sedimentos em razão das corredeiras a montante da seção que aumentam a turbulência na água (Tabela 3).

Tabela 3 - Características hidrodinâmicas das seções nos períodos de cheia e estiagem

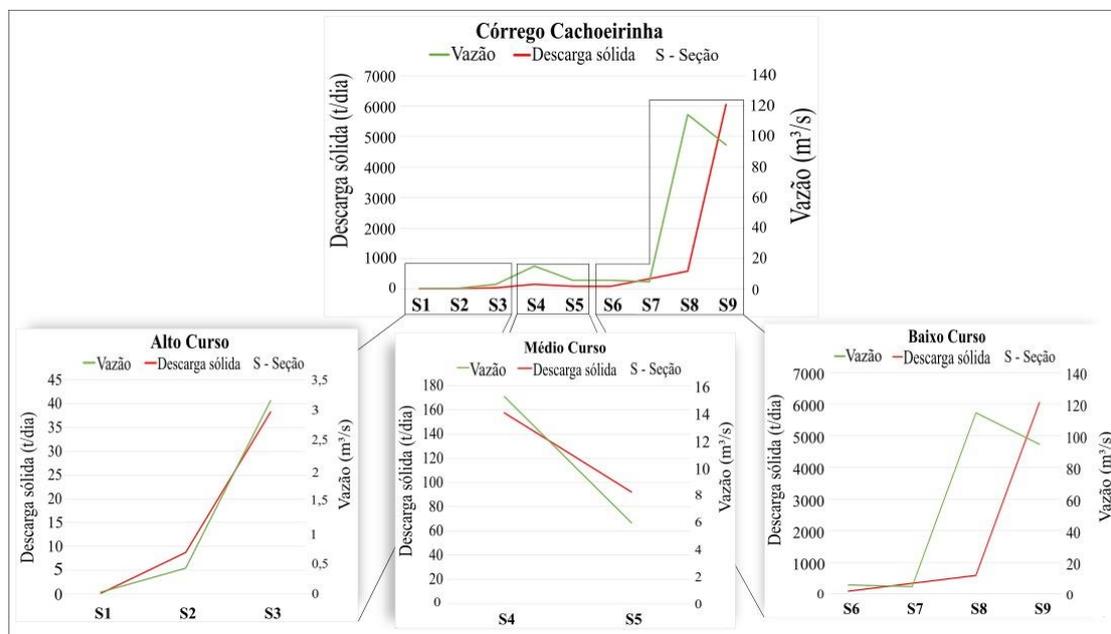
Seção	Localização	Características	Períodos	
			Cheia	Estiagem
S-IV	15°48'10,9" S 57°20'04,1" W	Largura (m)	14,40	13,20
		Profundidade média (m)	0,88	0,75
		Velocidade (m/s)	1,20	0,62
		Vazão (m <sup>3</sup> /s)	15,20	6,21
		Sedimentos (mg/l)	120	200
		Descarga sólida (t/dia)	157,59	107,30
S-V	15°44'21,3" S 57°19'57,1" W	Largura (m)	14,20	14,43
		Profundidade média (m)	0,72	0,58
		Velocidade (m/s)	0,58	0,46
		Vazão (m <sup>3</sup> /s)	5,92	3,91
		Sedimentos (mg/l)	180	180
		Descarga sólida (t/dia)	92,06	60,80

Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

Em relação à profundidade do canal, houve redução nas duas seções (Tabela 3) entre o período de cheia e estiagem. A maior velocidade foi na seção IV no período de chuva juntamente com descarga líquida com 15,20m<sup>3</sup>/s, com a competência de descarga sólida de 157,59 t/dia. Na estiagem com a vazão de 6,21m<sup>3</sup>/s, a descarga sólida foi reduzida para 107,30 t/dia. Essa seção, pelas características de declividade e de rugosidade do leito, apresentou os

maiores resultados na cheia, exceto na seção VII, no ambiente de foz do córrego Cachoeirinha, com a descarga sólida de 338,20 t/dia, como mostra a Figura 4.

Figura 4 - Relação da vazão e descarga sólida no período de cheia do córrego Cachoeirinha



Fonte: Organizado pelos autores (2022).

O fundo rochoso compõe a rugosidade, o que torna o fluxo turbulento e a formação de corredeiras, movimentando a carga de sedimentos em suspensão, fazendo com que o trabalho de erosão e de transporte supere o de deposição. No leito, registra-se a presença de matações de arenito com aproximadamente 500 mm de diâmetro e seixos rolados com 130 mm de diâmetro. Também ocorrem afloramentos rochosos de arenito e de folhelhos que propiciam a formação do fluxo turbulento, como mostrado na Figura 5 A e B a montante e a jusante da seção.

Figura 5 - A: Vista parcial de corredeiras nos afloramentos rochosos, seixos e matações (a montante da seção). 5 - B: Vista parcial do córrego Cachoeirinha (jusante da seção).



Fotos: Acervo dos autores (2022).

A velocidade do fluxo foi 1,20 m/s durante o período de cheia. Contudo, movimento circular (redemoinho) na margem esquerda permitiu a deposição de areia e a formação de barra lateral. Obedecendo às características ambientais, o canal do córrego Cachoeirinha segue com padrão meandrante encaixado, com alguns trechos retos, seguindo as falhas geológicas ou a direção dos afloramentos, com o perfil transversal entre as margens em forma de “U”.

Do período de chuva para o de estiagem houve redução em todos os resultados das características estudadas, exceto nos sedimentos em suspensão (Tabela 3). O aumento de 120 mg/l do período de cheia para 200 mg/l na estiagem pode estar associado ao próprio fluxo turbulento do ambiente, a travessia de tratores, vaqueiros, veículos e à movimentação do gado dentro do canal durante a dessedentação nas propriedades à montante da seção, fazendo aumentar a carga de sedimentos suspensos.

**Seção V** - Encontra-se na altitude de 157 metros. A partir desta seção o canal perde o controle estrutural exercido pela Província Serrana e assume o padrão meandrante divagante. A margem côncava apresentou-se de forma íngreme com erosão por solapamento basal e a margem convexa, rampeada, com depósito de areias e pequenos seixos rolados.

A área da seção no período de chuva foi de 10,22 m<sup>2</sup> e na estiagem 8,36 m<sup>2</sup>. Em relação à largura, houve aumento no período de estiagem de 14,20 m para 14,43m (Tabela 3), originado pelo cisalhamento da margem côncava em razão do solapamento basal. Analisando os dados batimétricos, não houve diferenças intensas nos períodos de cheia e estiagem. Dentre os dados, a vazão apresentou maior redução, baixando de 5,92 m<sup>3</sup>/s para 3,91 m<sup>3</sup>/s, algo que refletiu em baixa na descarga sólida de 92,06 t/dia para 60,80 t/dia.

Quanto à profundidade, apresentou-se maior na margem côncava, juntamente com a velocidade do fluxo e mais rasa na margem convexa, onde houve a deposição de areias e seixos rolados, apresentando em média 25 mm.

**Baixo curso** - Possui 17,62 km de comprimento, em área de planície na margem esquerda do rio Paraguai, ocupando 17,33 km<sup>2</sup> ou 1,82% da bacia, onde foram estabelecidas as seções VI, VII, VIII e IX, a uma altitude de 129 m.

**Seção VI** - Localiza-se 133 m de altitude. Nesse local, o canal fluvial apresenta-se meandrante divagante com as margens íngremes e com perfil transversal em forma de “U”. A área da seção no período de cheia foi de 16,84 m<sup>2</sup> e no período de estiagem 19,32 m<sup>2</sup>. O aumento da profundidade possivelmente tenha ocorrido durante o período de cheia, quando o fluxo possuiu maior capacidade de transportar o material depositado no fundo do canal (Tabela 4).

Tabela 4 - Características hidrodinâmicas das seções monitoradas no baixo curso em períodos de cheia e estiagem no córrego Cachoeirinha

Seção	Localização	Características	Períodos	
			Cheia	Estiagem
S-VI	15°45'15.18" S 57°28'48.36" W	Largura (m)	16,20	15,97
		Profundidade média (m)	1,04	1,21
		Velocidade (m/s)	0,35	0,24
		Vazão (m <sup>3</sup> /s)	5,89	4,63
		Sedimentos (mg/l)	180	200
		Descarga sólida (t/dia)	91,60	80,00
S-VII	15°44'25.06" S 57° 31'06,37" W	Largura (m)	20,20	12,00
		Profundidade média (m)	0,55	0,41
		Velocidade (m/s)	0,42	0,50
		Vazão (m <sup>3</sup> /s)	4,66	2,46
		Sedimentos (mg/l)	840	200
		Descarga sólida (t/dia)	338,20	42,50
S-VIII	15°44'23.23" S 57°31'08,56" W	Largura (m)	88,00	86,30
		Profundidade média (m)	2,00	0,86
		Velocidade (m/s)	0,65	0,34
		Vazão (m <sup>3</sup> /s)	114,4	25,23
		Sedimentos (mg/l)	60	60
		Descarga sólida (t/dia)	593,04	130,79
S-IX	15°44'25.72" S 57°31'12,89" W	Largura (m)	87,00	85,50
		Profundidade média (m)	1,66	0,80
		Velocidade (m/s)	0,62	0,35
		Vazão (m <sup>3</sup> /s)	94,68	23,90
		Sedimentos (mg/l)	740	120
		Descarga sólida (t/dia)	6.053,46	247,79

Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

Em relação ao aumento dos sedimentos em suspensão de 180 mg/l do período de cheia para 200 mg/l na estiagem, pode estar associado com a dessedentação da pecuária bovina que utiliza o córrego Cachoeirinha, pois, nesse período, as represas construídas nas pastagens estão com baixo estoque de água ou até mesmo secas, com isso o gado se desloca até o canal fluvial.

Quanto à velocidade e à vazão, nota-se que houve redução se comparado as seções IV e V da Tabela 03. Isso ocorreu em razão da redução do desnível do terreno próximo à Planície do Rio Paraguai que torna o fluxo mais lento, transportando sedimentos de fino calibre. Quanto à erosão nas margens, apresenta-se reduzida, sem produzir o solapamento basal ou a queda de blocos. Entretanto, em razão do sistema meandrante, ela atua nas margens côncavas e deposita os sedimentos nas convexas.

**Seção VII** - A área da seção no período de chuva foi de 11,11 m<sup>2</sup> e na estiagem 4,92 m<sup>2</sup>, localizada a 120 metros a montante da foz do córrego Cachoeirinha. O canal fluvial apresenta-se meandrante divagante, as margens côncavas são íngremes em razão dos processos erosivos e as convexas são rampeadas com intenso processo de deposição sedimentar.

A concentração de sedimentos suspensos foi de 840 mg/l no período de chuva e 200 mg/l, na estiagem. A descarga sólida foi de 338,20 t/dia no período de chuva e 42,50, na estiagem (Tabela 04), sendo o maior resultado das seções no córrego Cachoeirinha, mostrando que, no período chuvoso, o córrego transporta maior quantidade de sedimentos. Quanto ao aumento da velocidade do fluxo no período de estiagem (Cheia: 0,42 m/s – Estiagem: 0,50 m/s), ocorreu em razão do baixo nível das águas do rio Paraguai que não impediu o desaguar do córrego Cachoeirinha. No período de cheia, o nível da água do rio eleva-se e provoca o represamento na descarga do afluente, tornando a velocidade mais reduzida.

Nos períodos de cheia, o fluxo do córrego “ataca” a base das margens côncavas, umedecendo e retirando material que, conseqüentemente, provoca a queda de blocos da parte superior, causando a regressão e a migração lateral, resultando, por conseguinte no avanço da margem convexa para dentro do canal, através das barras laterais e dos cordões marginais. Nos locais em que o processo de deposição está mais estabilizado, vem desenvolvendo-se a cobertura vegetal natural através dos diques, com o predomínio da erva-de-bicho (*Polygonumhydropiper*) e o sarã (*Phyllanthussellowianus*) (Figura 6).

Figura 6 - Vista parcial da paisagem na seção VII



Foto: Acervo dos autores (2022).

Observando a Figura 6, é possível visualizar formações positivas das áreas de confluência, tais como: barra submersa, lateral e cordão marginal. A barra submersa formou-se por conta do depósito de sedimentos que preencheu o fundo do córrego na margem convexa do meandro e, no centro do canal, em ambiente mais raso, onde o fluxo possui menor velocidade, favorecendo a deposição. A barra lateral desenvolveu-se na borda do canal convexo como consequência da baixa capacidade do fluxo transportar sedimentos. O cordão marginal apareceu após o meandro côncavo, de forma alongada, composto por areias. Entre o cordão e a

margem, formou-se um ambiente com menor velocidade, onde se tem depositado material mais fino.

Os depósitos acontecem com tanta intensidade por ser uma área de confluência. O córrego Cachoeirinha (tributário) é barrado pelo rio Paraguai (receptor) durante os períodos de cheia, quando ocorre a redução na velocidade do fluxo, criando um ambiente quase lântico, reduzindo a capacidade do transporte da carga de sedimentos. Na margem direita (côncava) sobre uma base argilosa, aparece um trecho com camadas intercaladas de sedimentos depositados (1,30 m de espessura - areias e material orgânico), indicando que, em tempos pretéritos, ocorreu intenso processo de deposição sedimentar, seguido da reativação do fluxo com remobilização dos sedimentos.

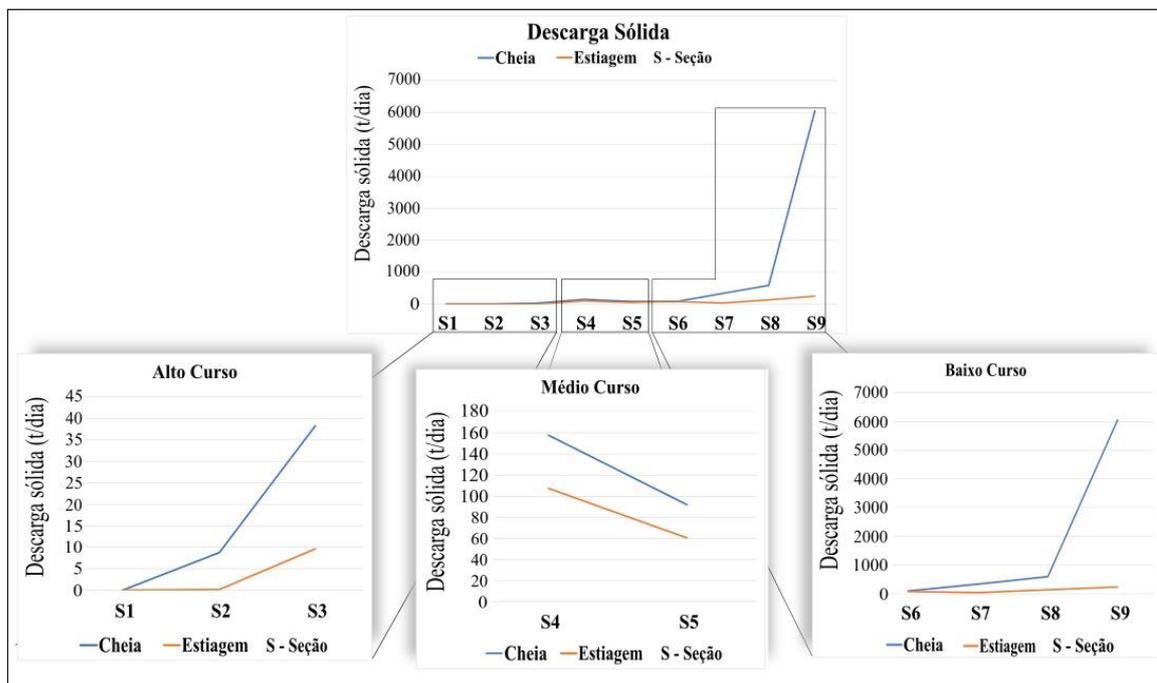
**Seção VIII** - A seção foi estabelecida na margem esquerda do rio Paraguai, na altitude de 128 m, 85 metros a montante da foz do córrego Cachoeirinha. O rio Paraguai apresenta-se meandrante divagante, as margens côncavas apresentam-se íngremes, com processo de solapamento basal e as convexas são rampeadas com intenso processo de deposição em barras laterais. A área da seção no período de chuva mediu 176,00 m<sup>2</sup> e na estiagem 74,21 m<sup>2</sup>.

No período de cheia, a profundidade média foi de 2,00 m, a velocidade 0,65 m/s, a vazão 114,4 m<sup>3</sup>/s, a carga de sedimentos em suspensão 60 mg/l e a descarga sólida 593,04 t/dia. Na estiagem, a profundidade foi reduzida para 0,86 m; a vazão, 25,23 m<sup>3</sup>/s; a carga de sedimentos em suspensão 60 mg/l e a descarga sólida 130,79 t/dia (Tabela 4). Todos os elementos analisados foram reduzidos no período de estiagem, exceto os sedimentos em suspensão. Mesmo com baixo volume de escoamento, o rio permaneceu transportando sedimentos.

**Seção IX** - A área da seção mediu 144,42 m<sup>2</sup> no período de cheia e 68,00 m<sup>2</sup> na estiagem. A seção foi instalada no rio Paraguai (margem côncava) a uma altitude de 128 m, a 87,00 metros da jusante da foz do córrego Cachoeirinha. Os sedimentos em suspensão e a descarga sólida desta seção são maiores do que na seção VIII, em razão da contribuição do córrego Cachoeirinha.

A vazão do rio no período de chuva foi de 94,68 m<sup>3</sup>/s, enquanto, na estiagem, foi de 23,90 m<sup>3</sup>/s. A análise granulométrica mostrou que no período de chuva o rio transportava 740 mg/l e, na estiagem 120 mg/l, o que refletiu na descarga sólida de 6.053,46 t/dia no período de chuva e 274,79 t/dia, na estiagem (Tabela 4). Na Figura 7 é possível observar a variação da descarga sólida em cada seção, monitorada conforme os períodos de cheia e estiagem.

Figura 7 - Variação da descarga sólida nos períodos de cheia e estiagem nos setores da bacia.



Fonte: Organizado pelos autores (2022).

A profundidade média no período de cheia e de estiagem foi menor que na seção VIII, associada ao aporte e deposição de sedimentos de fundo do córrego Cachoeirinha, que têm elevado o fundo do rio Paraguai no ambiente de foz (Tabela 4).

Em razão do depósito de sedimentos pelo córrego Cachoeirinha, houve a formação de um dique marginal na margem esquerda do rio Paraguai, onde se desenvolveu a vegetação de Sarã (*Phyllanthussellowianus*). É um ambiente sensível e que se relaciona diretamente com a dinâmica do ambiente de confluência, que necessita de estudos e monitoramento, especialmente em razão das frequentes mudanças de canal, pela carga de sedimentos advinda do córrego Cachoeirinha e as características da inundação. Diante do contexto, considera-se que o córrego Cachoeirinha é um fornecedor de sedimentos ao rio Paraguai, pois tem-se mostrado com intensa atividade deposicional, sendo responsável pelo desenvolvimento de várias feições morfológicas no ambiente de foz.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

No estudo foram utilizados diversos procedimentos metodológicos, importantes para a análise de bacias hidrográficas. Deste modo, na atividade de gabinete avaliou os parâmetros morfométricos, a atividade de trabalho de campo permitiu realizar o monitoramento da

batimetria e do fluxo de água e no laboratório efetuou análise da concentração de sedimentos em suspensão.

A bacia é classificada em quarta ordem. Os canais secundários corremparalelos, seguindo a declividade do terreno entre as serras até desaguar no córrego Cachoeirinha. A densidade é de 0,11 canais/km<sup>2</sup> e a de densidade de drenagem 0,54km/km<sup>2</sup>, sendo considerada muito baixa em comparação com estudos de outras bacias. Esse índice mostra que a bacia é maldrenada, estando relacionada à litologia, geomorfologia, precipitação (período chuvoso e de estiagem), dentre outros fatores.

Os resultados apontaram que o alto e o médio curso são áreas de produção e transferência de sedimentos originados do próprio canal, das encostas com relevo declivoso e das áreas ocupadas pela pecuária e o monocultivo. O baixo curso configura-se com relevo plano, um ambiente de recepção e deposição de sedimentos, que têm contribuído para originar as feições fluviais, como planície de inundação, terraços fluviais, diques marginais, cordão marginal, barras laterais, centrais, depósito em camadas, dentre outras.

Nos sedimentos transportados em suspensão, houve o aumento gradual de acordo com as seções monitoradas de montante para jusante. Diante disso, os depósitos no leito do córrego Cachoeirinha indicam o processo de assoreamento que pode prejudicar a navegação de pescadores, o escoamento fluvial, aumentar os riscos de enchentes, alargamento da foz e ampliar a área da planície de inundação a montante, mostrando ainda, que o córrego vem transportando sedimentos para a calha do rio Paraguai.

Visando à diminuição dos sedimentos carreados para o córrego Cachoeirinha e ao rio Paraguai, recomenda-se utilizar a proposta da Educação Ambiental aos ocupantes da bacia, com foco no manejo sustentável que se destinem à conservação do solo nas áreas de pastagem e de monocultivo, na implementação de ações de reflorestamento de áreas com fragilidade e a preservação dos remanescentes da vegetação primária nas encostas e nas margens dos canais fluviais.

## REFERÊNCIAS

BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas**: modelo e aplicação. Florianópolis: UFSC, 1994.

BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). **Topodata**: banco de dados geomorfométricos do Brasil. Variáveis geomorfométricas locais. São José dos Campos, 2008. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>. Acesso em: 5 nov. 2022.

BRASIL. Ministério do Exército. **Folhas: SE. 21-V-B-II – Cáceres, SD.21-Y-D-V – Três Rios, SE.21-V-B-III – Serra da Campina e SD.21-Y-D-VI – Serra da Palmeira.** Escala: 1:100.000. 1975.

CARVALHO, N. O. Fundamentos da hidrossedimentologia. *In:* CARVALHO, N. de O. (org.). **Hidrossedimentologia prática.** 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2009. [*S. p.*].

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**, [*S. l.*], v. 5, n. 2, p. 3-7, 2009. Disponível em: <https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/623>. Acesso em: 2 abr. 2023.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise de Bacias Hidrográficas. *In:* CHRISTOFOLETTI, A. (org.). **Geomorfologia.** 2. ed. São Paulo: Blucher, 1980. p. 102-121.

CHRISTOPHERSON, R. W.; BIRKELAND, G. H. **Geossistemas:** uma introdução à Geografia Física. 9. ed. Porto Alegre: Bookamam, 2017.

COSTA, T. D.; LANÇA, R. **Hidrologia de Superfície.** Penha: Universidade do Algarve, 2011.

CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. *In:* GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org.). **Geomorfologia:** uma atualização de bases e conceitos. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. p. 211-234.

CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. *In:* GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org.) **Geomorfologia:** Uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 211-252.

FIGLIARELLI, C. H. U.; TORRES, H. Morfometria da sub-bacia hidrográfica do córrego Amorim, em Muniz Freire-ES, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 16, n. 29, [*S. p.*], 2019. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2019a/agra/morfometria.pdf>. Acesso em: 6 abr. 2022.

FRANÇA, G. V. **Interpretação fotográfica de bacias e redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba.** 1968. Tese (Doutorado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1968. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aesalq/a/KYwqDzPxqrhR9Szd4gwhy/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 15 maio. 2022.

QGIS [software GIS]. Versão 3.4.6. **QGIS Geographic Information System.** Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: [https://www.qgis.org/pt\\_BR/site/index.html](https://www.qgis.org/pt_BR/site/index.html). Acesso em: 1 abr. 2022.

HACK, J.T. Studies of longitudinal stream profiles in Virginia and Maryland. **Geological Survey Professional Paper**, U. S., 294-B, 1957, p. 53-63.

LIMA, W. P. A função hidrológica da mata ciliar. *In:* SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR. 28., 1989, Campinas. **Anais** [...]. Campinas, 1989. [*s.p.*]. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutodebotanica/1989/01/anais-do-simposio-sobre-mata-ciliar/>. Acesso em: 21 jul. 2022.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

PADILHA, R. M.; SOUZA, C. A. de. Dinâmica fluvial na bacia hidrográfica do rio Carapá, inserida na bacia do rio Amazonas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 11, n. 4, p.1490-1411, out. 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>. Acesso em: 20 ago. 2022.

SANTOS, M. **Uso, ocupação da terra e dinâmica fluvial da bacia hidrográfica do córrego Cachoeirinha no município de Cáceres - Mato Grosso**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, Cáceres, 2013.

SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at perthambo, **Bulletin of the geological society of America**, New Jersey, v. 67, n. 1, p. 697- 646, maio. 1956.

SCHUMM, S. A. Sinuosity of alluvial rivers on the great plains. **Geological Society of America Bulletin**, [S. l.], v. 74, n. 9, p. 1089-1100, [S. p.], 1963.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica. *In*: TUCCI, C. E. M. (org.). **Hidrologia, Ciência e Aplicação**. São Paulo: Edusp. 1993. p. 35 - 51.

SOUZA, C. A., CUNHA, S. B., SOUZA, J. B. Morfologia, hidrodinâmica e carga de sedimentos no baixo curso do rio Sepotuba, afluente da margem direita do rio Paraguai, Cáceres – MT. **Ciência Geográfica**, Bauru, v. 23, n. 23, [S. p.], Jan./Dez. 2019. Disponível em: [https://agbbauru.org.br/publicacoes/revista/anoXXIII\\_2/agb\\_xxiii\\_2\\_web/agb\\_xxiii\\_2-32.pdf](https://agbbauru.org.br/publicacoes/revista/anoXXIII_2/agb_xxiii_2_web/agb_xxiii_2-32.pdf). Acesso em: 27 abr. 2023.

STRAHLER, A. Quantitative Geomorphology of Drainage Basins and Channel Networks. Em: **Chow, V., Ed., Handbook of Applied Hydrology**, McGraw Hill, New York, 1964. 439-476.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of water shed geomorphology. **Transactions Analysis of the American Geophysical Union**, New Haven, v. 38, n. 1, p. 913-920. 1957.

SUKRISTIYANTI, S.; MARIA, M.; LESTIANA, H. Watershed-based Morphometric Analysis: a review. **IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science**, 118, 2018. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/118/1/012028/pdf>. Acesso em: 20 abr. 2023.

TRAJANO, S. R. R. S. *et al.* Análise morfométrica de bacia hidrográfica – Subsídio à gestão territorial estudo de caso no alto e médio Mamanguape. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento – Embrapa**, Campinas, 2012. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/84896/1/0000010346-BPD-Analise-morfometrica.pdf>. Acesso em: 2 maio 2022.

VEIGA, A. M.; SANTOS, C.; CARDOSO, M. R. D.; LINO, N. C. Caracterização Hidromorfológica da bacia do rio Meia Ponte. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 14, n. 46, [S. p.], jun. 2013. p. 126-138. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/273764188\\_caracterizacao\\_hidromorfolologica\\_da\\_bacia\\_do\\_rio\\_meia\\_ponte](https://www.researchgate.net/publication/273764188_caracterizacao_hidromorfolologica_da_bacia_do_rio_meia_ponte). Acesso em: 2 jun. 2022.