



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS  
PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - PPGeo  
MESTRADO EM GEOGRAFIA

FERNANDA ALVES DE OLIVEIRA FERREIRA

**AVALIAÇÃO GEOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO Córrego  
BAGAGEM, GOIÁS - GO**

GOIÁS, 2021

FERNANDA ALVES DE OLIVEIRA FERREIRA

**AVALIAÇÃO GEOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO  
BAGAGEM, GOIÁS - GO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Estadual de Goiás, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Geografia.

**Área de Concentração:** Estudos Ambientais e Territoriais do Cerrado.

**Linha de Pesquisa:** Análise Ambiental do Cerrado.

**Orientador:** Prof. Dr. José Carlos de Souza.

GOIÁS, 2021

## FOLHA DE JULGAMENTO

Título: Avaliação Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego Bagagem, Goiás - GO

Mestranda: Fernanda Alves de Oliveira Ferreira

Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO-UEG)

Data da defesa: 26 de fevereiro de 2021.

### BANCA EXAMINADORA:

*Jose' Carlos de Souza*

---

Orientador: Prof. Dr. José Carlos de Souza

PPGEO-UEG – Câmpus Cora Coralina

*Roberto Wagner Lourenço*

---

Titular: Prof. Dr. Roberto Wagner Lourenço

ICT-UNESP – Câmpus Sorocaba

*Diego Tarley*

---

Titular: Prof. Dr. Diego Tarley Ferreira do Nascimento

PPGEO-UEG – Câmpus Cora Coralina

*Educação não transforma o mundo.  
Educação muda as pessoas.  
Pessoas mudam o mundo.  
Paulo Freire*

“A água faz parte do patrimônio do Planeta, cada povo, cada nação, cada região, cada cidade, cada cidadão, é plenamente responsável aos olhos de todos”.

Declaração Universal dos Direitos da Água, de 22 de março de 1992.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu companheiro CELSO, que tem sido incansável em me acompanhar neste meu período de estudos, inclusive nas pesquisas de campo, que me aguentou nos momentos de estresse e de entusiasmo e que esteve comigo nas comemorações de minhas vitórias pessoais.

Aos meus filhos GIORDANO BRUNO e ISADORA RÉGIA, que mesmo de longe sempre me deram força e motivação para eu prosseguir com meus estudos.

Ao meu orientador JOSÉ CARLOS, por ter acreditado em meu projeto e ter contribuído para o êxito da pesquisa; que, ao longo desta trajetória de muito estudo e campo, tem me apoiado e incentivado, por meio de seu entusiasmo, profissionalismo e dedicação às atividades de pesquisa, a dar continuidade à minha vida acadêmica.

Ao meu PAI, à minha MÃE, IRMÃS, SOBRINHAS, SOBRINHOS, CUNHADAS E CUNHADOS, que sempre acreditaram em mim e muito me incentivaram para que eu alcançasse meus objetivos.

Ao diretor WILLIAM SILVESTRE e à secretária CÉLIA MENDANHA, do Lyceu de Goyaz, que não mediram esforços para me ajudar a conquistar a vaga no mestrado.

Aos meus AMIGOS e COLEGAS, principalmente do SINTEGO, que sempre acreditaram em mim e me motivaram a voltar à vida acadêmica.

À minha colega e companheira de pesquisa, que dividiu comigo o mesmo orientador, CAROL, que me apoiou nos momentos mais estressantes durante a Pós-Graduação.

Aos PROFESSORES da Pós-Graduação, que tornaram esta jornada mais desafiadora e que muito me ensinaram sobre disciplina na pesquisa e fidelidade à metodologia, que são a chave da contribuição para a ciência.

Aos componentes da banca de qualificação e de defesa, que com seus conhecimentos consolidados muito contribuíram para a construção deste trabalho. Em particular, ao Professor Diego Tarley, que me apoiou sempre que foi preciso.

## RESUMO

As bacias hidrográficas são unidades ideais para aplicação de estudos e análises geoambientais que visam mensurar as consequências das intervenções antrópicas nestes sistemas. Nesse sentido, as técnicas de geoprocessamento têm contribuindo para esses estudos viabilizando análises integradas da paisagem sendo possível considerar os aspectos bióticos, abióticos e antrópicos. Assim, esta dissertação de mestrado teve como objetivo desenvolver uma análise geoambiental integrada da paisagem na bacia hidrográfica do córrego Bagagem, considerando parâmetros físicos e climáticos associados aos múltiplos usos do solo e dos recursos hídricos. A bacia localiza-se no município de Goiás, estado de Goiás, e possui uma área de 98,7km<sup>2</sup>. Para alcançar o objetivo proposto, foram levantadas e avaliadas as características pedológicas, geomorfométricas, climáticas e de uso e cobertura do solo com aplicações de técnicas de geoprocessamento. Os resultados e análises indicaram que o padrão das chuvas tropicais que ocorrem na região da bacia potencializa a ocorrência de processos erosivos e apresenta tendência baixa a mediana a enchentes. A criticidade de deficiência hídrica no solo se dá nos meses de agosto e setembro, momento em que se registra déficit de 164,9mm e 157,2mm, respectivamente. A bacia apresenta uma densidade dos rios muito alta e isto está relacionado a fatores estruturais do relevo. O coeficiente de manutenção é alto, sendo necessário uma área de 613,5 m<sup>2</sup> para manter ativo um metro de canal fluvial. A extensão média de escoamento da bacia é baixa, podendo provocar alagamentos em dias de chuva intensas, em função da menor capacidade de infiltração da água no solo em áreas não vegetadas, potencializando os processos erosivos. As maiores declividades da bacia estão próximas aos divisores de água e estão associadas a relevos dobrados e altamente dissecados. O canal principal apresenta alta declividade com potencial a erosão fluvial e cerca de 35% da área da bacia apresenta alto potencial a erosão em relação à curvatura em perfil e plana. A textura dos solos indicou moderada a alta erodibilidade. As coberturas de Cerrado são predominantes na bacia, ocupando ao todo 59,14% da área. O uso predominante é para pastagens, que apresentam estágios avançados de degradação, e há conflito de uso nas APPs, principalmente pastagens plantadas e represamentos nos cursos d'água e veredas. O produto final desta pesquisa tem a finalidade de subsidiar os planos de manejo da bacia, com enfoque nas fragilidades ambientais, principalmente nos conflitos de uso do solo e da água.

**Palavras-chave:** Paisagem. SIG. Uso do solo. Cerrado. Recursos hídricos.

## ABSTRACT

The watersheds are ideal units for the application of geoenvironmental studies and analyzes that aim to measure the consequences of anthropogenic interventions in these systems. In this sense, geoprocessing techniques have contributed to these studies, enabling integrated analyzes of the landscape where it is possible to consider biotic, abiotic and anthropogenic aspects. Thus, this dissertation aimed to develop an integrated geoenvironmental analysis of the landscape in the Watershed of the Bagagem Stream, considering physical and climatic parameters associated with the multiple uses of the soil and water resources. The Bagagem Watershed is located in the municipality of Goiás, state of Goiás, and has an area of 98.7 km<sup>2</sup>. In order to achieve the proposed objective, the pedological, geomorphometric, climatic and land use and land cover characteristics were surveyed and evaluated with applications of geoprocessing techniques. The results and analyzes indicated that the measure of tropical rains that occur in the region increases the occurrence of erosive processes and has a low to median tendency to flooding. The criticality of water deficiency in the soil occurs in the months of August and September, when there is a deficit of 164.9 mm and 157.2 mm, respectively. The Watershed has a very high river density and this is related to structural factors of the relief. The maintenance coefficient is high, requiring an area of 613.5 m<sup>2</sup> to keep one meter of river channel active. The average runoff length of the Watershed is low, which can cause flooding in days of intense rain, due to the lower capacity of water infiltration in the soil in non-vegetated areas, increasing erosion processes. The biggest slopes in the Watershed are close to the water divisions and are associated with folded and highly dissected reliefs. The main channel has a high slope with potential for river erosion and about 35% of the Watershed area has a high potential for erosion in relation to the profile and flat curvature. The texture of the soils indicated moderate to high erodibility. Cerrado coverages are predominant and occupy a total of 59.14% of the área. The predominant use is for pastures, which have advanced stages of degradation, and there is conflict of use in APPs (Permanent Preservation Areas), mainly planted pastures and dams in water courses and veredas (swampy plains between hills and rivers). The final product of this research has the purpose of subsidizing the management plans of the Watershed of the Bagagem Stream, focusing on the environmental fragilities, mainly in the conflicts of land and water use.

**Keywords:** Landscape. SIG. Use of the land. Cerrado. Water resources.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Córrego Bagagem (Goiás-GO) .....	26
<b>Figura 2:</b> População do município de Goiás (GO) – Período de 1980 a 2020 .....	27
<b>Figura 3:</b> Distribuição da população urbana e rural do município de Goiás (GO) – período de 1980 a 2010 .....	28
<b>Figura 4:</b> Efetivo da pecuária no município de Goiás (GO) – 2018 .....	29
<b>Figura 5:</b> Principais produtos agrícolas do município de Goiás (GO) – 2017 .....	29
<b>Figura 6:</b> Extração de origem animal e mineral no município de Goiás (GO) – 2016 .....	30
<b>Figura 7:</b> Esquema explicativo de Curvaturas de Relevô .....	41
<b>Figura 8:</b> Malha amostral de pontos .....	42
<b>Figura 9:</b> Médias mensais de temperaturas máxima, mínima e média no município de Goiás (GO), no período de 1981 a 2010 .....	46
<b>Figura 10:</b> Médias mensais de umidade relativa do ar (1981 a 2010) .....	47
<b>Figura 11:</b> Médias de precipitação mensal e do número de dias de chuva por mês (1984 a 2018) .....	48
<b>Figura 12:</b> Resumo do balanço hídrico climatológico mensal (1981 a 2010) .....	50
<b>Figura 13:</b> Pluviograma dos acumulados anuais e mensais e distribuição proporcional da precipitação para Goiás (GO), período de 1961 a 2016 .....	51
<b>Figura 14:</b> Mapa da ordem dos cursos d'água da BHCB (Goiás-GO) .....	55
<b>Figura 15:</b> Hipsometria da BHCB (Goiás-GO) .....	57
<b>Figura 16:</b> Declividades da BHCB (Goiás- GO) .....	58
<b>Figura 17:</b> Perfil longitudinal do curso principal da BHCB e aspectos geomorfológicos (Goiás-GO) .....	60
<b>Figura 18:</b> Mapa de curvaturas de perfil da BHCB (Goiás-GO) .....	61
<b>Figura 19:</b> Mapa de curvaturas planas da BHCB (Goiás-GO) .....	62
<b>Figura 20:</b> Solos da BHCB (Goiás-GO) .....	63
<b>Figura 21:</b> Erodibilidade em pontos amostrais da BHCB (Goiás-GO) .....	66
<b>Figura 22:</b> Principais tipos fitofisionômicos do Cerrado .....	67
<b>Figura 23:</b> Mata Ciliar nos principais córregos da BHCB (Goiás-GO) .....	68
<b>Figura 24:</b> Mata de Galeria na BHCB (Goiás-GO) .....	68
<b>Figura 25:</b> Mata Seca na BHCB (Goiás-GO) .....	69
<b>Figura 26:</b> Cerrado Típico na BHCB (Goiás-GO) .....	69

<b>Figura 27:</b> Cerrado Rupestre na BHCB (Goiás-GO) .....	70
<b>Figura 28:</b> Veredas na BHCB (Goiás-GO) .....	71
<b>Figura 29:</b> Formações Campestres na BHCB (Goiás-GO) .....	72
<b>Figura 30:</b> Mapa de uso do solo e cobertura vegetal, no ano de 2019, da BHCB (Goiás-GO) .....	73
<b>Figura 31:</b> Área de pastagem destinada à criação de gado leiteiro na BHCB (Goiás-GO) .....	74
<b>Figura 32:</b> APPs dos cursos d'água e das nascentes da BHCB (Goiás-GO) .....	75
<b>Figura 33:</b> Pastagem degradadas na área da BHCB (Goiás-GO) .....	78
<b>Figura 34:</b> Alguns fenômenos urbanos que contribuem com a degradação dos recursos hídricos na BHCB (Goiás-GO) .....	80
<b>Figura 35:</b> Córregos da BHCB (Goiás-GO) em períodos de chuva e de estiagem .....	83
<b>Figura 36:</b> Represas na BHCB (Goiás-GO) .....	84
<b>Figura 37:</b> Extração de areia na BHCB (Goiás-GO) .....	85

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1:</b> Características morfométricas de bacias hidrográficas .....	31
<b>Quadro 2:</b> Classificação do coeficiente de compactidade .....	34
<b>Quadro 3:</b> Classes de declividades .....	39
<b>Quadro 4:</b> Balanço hídrico climatológico mensal do município de Goiás (GO) – período de 1981 a 2010 .....	49
<b>Quadro 5:</b> Características Morfométricas da BHCB (Goiás-GO) .....	53

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Comprimento das ordens dos cursos d'água da BHCB (Goiás-GO) .....	55
<b>Tabela 2:</b> Quantificação das áreas hipsométricas na BHCB (Goiás-GO) .....	57
<b>Tabela 3:</b> Classes de declividades da BHCB (Goiás-GO) .....	59
<b>Tabela 4:</b> Classes das curvaturas da BHCB (Goiás-GO) .....	62
<b>Tabela 5:</b> Tipos e Percentuais de Solos da BHCB (Goiás-GO) .....	63
<b>Tabela 6:</b> Características granulométricas e uso do solo e cobertura vegetal .....	65
<b>Tabela 7:</b> Quantificação do uso e cobertura na área da BHCB (Goiás-GO) – 2019 .....	73
<b>Tabela 8:</b> Quantificação do uso e cobertura do solo nas APPs da BHCB (Goiás-GO) .....	75

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>15</b>
<b>Objetivo Geral .....</b>	<b>15</b>
<b>Objetivos Específicos .....</b>	<b>16</b>
<b>JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>16</b>
<b>1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>17</b>
<b>1.1 Bacia hidrográfica: aspectos teóricos, conceituais e metodológicos .....</b>	<b>17</b>
<i>1.1.1 A bacia hidrográfica enquanto unidade de estudos geoambientais .....</i>	<i>17</i>
<i>1.1.2 Instrumentos de Gestão Aplicados à Bacia Hidrográfica .....</i>	<i>18</i>
<i>1.1.3 A Abordagem Sistêmica .....</i>	<i>20</i>
<i>1.1.4 Teoria do Geossistema .....</i>	<i>22</i>
<i>1.1.5 Bacia Hidrográfica, um Sistema Aberto .....</i>	<i>23</i>
<i>1.1.6 SIG e Estudos Geoambientais em Bacias Hidrográficas .....</i>	<i>24</i>
<b>2 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>26</b>
<b>2.1 Área de estudo .....</b>	<b>26</b>
<b>2.2 Aspectos demográficos e econômicos da área de estudo .....</b>	<b>27</b>
<b>2.3 Caracterização morfométrica .....</b>	<b>30</b>
<i>2.3.1. Características geométricas .....</i>	<i>32</i>
<i>2.3.2. Características da rede de drenagem .....</i>	<i>35</i>
<i>2.3.3. Características de relevo .....</i>	<i>38</i>
<b>2.4 Características pedológicas .....</b>	<b>41</b>
<b>2.5 Uso e cobertura do solo .....</b>	<b>43</b>
<b>2.6 Aspectos climáticos .....</b>	<b>43</b>
<b>2.7 Delimitação das Áreas de Preservação Permanentes .....</b>	<b>44</b>
<b>3 CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DOS ASPECTOS GEOAMBIENTAIS DA BHCB .....</b>	<b>45</b>

<b>3.1 Aspectos climáticos da BHCB .....</b>	<b>45</b>
3.1.1 <i>Temperatura do ar .....</i>	45
3.1.2 <i>Umidade relativa do ar .....</i>	46
3.1.3 <i>Precipitação pluvial .....</i>	47
3.1.4 <i>Balanço hídrico climatológico .....</i>	48
3.1.5 <i>Variabilidade anual e distribuição mensal das chuvas no município de Goiás (GO) .....</i>	50
<b>3.2 Aspectos morfométricos .....</b>	<b>52</b>
3.2.1 <i>Análise das características geométricas da BHCB .....</i>	53
3.2.2 <i>Análise das características da rede de drenagem da BHCB .....</i>	54
3.2.3 <i>Análise das características do relevo da BHCB .....</i>	56
<b>3.3 Análise das características pedológicas da BHCB .....</b>	<b>62</b>
<b>3.4 Análise das características do uso e cobertura do solo da BHCB .....</b>	<b>67</b>
<b>3.5 Análise das Áreas de Preservação Permanentes (APPs) da BHCB .....</b>	<b>74</b>
<b>4 ANÁLISE GEOAMBIENTAL INTEGRADA .....</b>	<b>77</b>
<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>87</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>88</b>

## INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas são consideradas sistemas ambientais e células básicas de estudos voltados ao planejamento e gestão integrados dos recursos naturais. Como sistema ambiental, as bacias se apresentam como recortes espaciais ideais para aplicação de estudos ambientais integrados da paisagem, objetivando conhecer os processos e as interações, no sentido de compreender as causas e consequências das intervenções humanas (BOTELHO; SILVA, 2010; BERTONI; LOMBARDI NETO, 2014).

Estudos geoambientais em bacias hidrografias produzem diagnósticos que podem subsidiar a implementação de formas adequadas de manejo dos recursos naturais, visando a conservação e preservação ambiental, bem como prevenir e/ou mitigar processo de degradação ambiental. Contudo, uma análise integrada de um sistema ambiental requer estudos criteriosos dos elementos físicos, bióticos e a dinâmica de uso e ocupação do solo produzida pela ação antrópica (LEAL, 1998; SOUZA; OLIVEIRA, 2017).

As bacias hidrográficas são importantes objetos de estudos para a ciência geográfica e demais áreas das ciências ambientais, sendo que o caráter sistêmico as tornam espaços ideais para aplicação de metodologias diversas, como aquelas voltadas aos diagnósticos de vulnerabilidade ambiental; potencial a erosão, inundação e assoreamento; qualidade dos recursos hídricos; fragmentação da paisagem; zoneamento ecológico econômico, dentre outras possibilidades. O resultado de estudos desta natureza tem contribuído para a gestão territorial e para a implementação de políticas públicas (BELTRAME, 1994; SPADOTTO, 2012; SOUZA; OLIVEIRA, 2017).

Dentre as metodologias que contribuem para o diagnóstico geoambiental de bacias, estão as modelagens morfométricas. Essas modelagem são estudos matemáticos das formações e configurações da superfície de uma bacia hidrográfica e visam desenvolver índices das interações entre a fisiografia, a dinâmica fluvial e a relação entre os diversos elementos físicos e bióticos. Os índices morfométricos podem ser agrupados em características geométricas, da rede de drenagem e do relevo e podem ser utilizados para diagnosticar áreas com potencial a ocorrência de enchentes, alagamentos, processos erosivos, assoreamento dos cursos d'água, dentre outros (CHRISTOFOLETTI, 1969; MOREIRA; NETO, 1998; FARIA *et al.*, 2009; CAMPANHARO, 2010).

De forma igualmente importante, a análise pedológica é imprescindível para a avaliação e planejamento do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica, bem como para a

recuperação de áreas degradadas e definição de vulnerabilidade ambiental. Estudos nesse sentido vêm apresentando relações diretas entre as características físicas e químicas dos solos com a mudança na paisagem, principalmente voltadas à relação do solo com o escoamento superficial (resultado das precipitações), declividades, cobertura vegetal, formas de manejo e drenagens (SHELEME, 2011; BERTONI; LOMBARDI NETO, 2014).

O solo é um dos elementos importantes na estrutura da paisagem por ter relação direta, contínua e dinâmica com os elementos climáticos, promovendo intemperismos, modelando a superfície, desenvolvendo os organismos e abastecendo as drenagens. A relação clima e solo, para além de uma interação ambiental, está atrelada à dinâmica de uso e ocupação do solo, influenciando na alteração das paisagens (SANT'ANNA NETO, 2001; KER, 2012; BARRY; CHORLEY, 2013).

O mapeamento do uso e cobertura do solo é uma variável indispensável em estudos geoambientais de uma bacia hidrográfica, pois a supressão da vegetação natural e a introdução de atividades antrópicas são desencadeadores dos processos de impacto e degradação ambiental, interferindo diretamente na dinâmica hidrológica, pedológica, geomorfológica, climática, ciclagem de nutrientes, dentre outras. As informações sobre o tema devem descrever não só a situação atual, mas as mudanças temporais, pois servem como indicadores de vulnerabilidade e riscos ambientais (SANTOS, 2004; SANTOS; GRIEBELER; OLIVEIRA, 2010; CUNHA e SILVA *et al.*, 2016).

Desta forma, estudos de análise integrada da paisagem, principalmente considerando os aspectos supracitados, requerem o uso de geotecnologias que englobam métodos e técnicas de geoprocessamento. Estes métodos e técnicas englobam levantamento e tratamento de informações espaciais e aplicação de modelagens, com vistas a elaboração de produtos cartográficos que favorecem a compressão, assim como a correlação dos fenômenos espaciais físicos, bióticos, climáticos e socioeconômicos (DAVIS; CÂMARA, 2001; SIQUEIRA; CASTRO; FARIA, 2013).

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo Geral**

Desenvolver uma análise geoambiental integrada da paisagem na Bacia Hidrográfica do Córrego Bagagem, no município de Goiás (GO), considerando aspectos morfométricos,

climáticos e pedológicos parâmetros físicos e climáticos associados aos múltiplos usos do solo e dos recursos hídricos.

### **Objetivos Específicos**

- Caracterizar e mapear os elementos morfométricos da Bacia Hidrográfica.
- Levantar as características pedológicas da bacia e aplicar técnicas laboratoriais de análise textural de amostras de solos.
- Mapear e avaliar as formas de uso e cobertura do solo da bacia e das áreas de preservação permanente dos cursos d'água e nascentes.
- Levantar e avaliar as características climáticas do município onde a bacia está inserida, no período de 1961 a 2016.
- Desenvolver uma análise integrada dos dados e informações levantadas, com vistas a um diagnóstico geoambiental da bacia.

### **JUSTIFICATIVA**

A bacia hidrográfica do Córrego Bagagem está à montante da bacia hidrográfica do Rio Vermelho, bacia esta que compõe o sistema de drenagem da Região Hidrográfica do Rio Araguaia. A pecuária extensiva, com predomínio da produção voltada para bovinos de corte, é a atividade econômica que promove as mais importantes e impactantes mudanças nas paisagens da bacia do Rio Vermelho, com a supressão da vegetação de Cerrado para introdução de pastagens plantadas (MACHADO; LIMA, 2011; VIEIRA; FERREIRA; FERREIRA, 2015).

As águas da bacia do Córrego Bagagem apresentam múltiplos usos, sendo os mais evidentes o abastecimento urbano, as atividades de lazer e a dessedentação de animais. No entanto, nos últimos anos, tem-se evidenciado a intermitência da totalidade dos cursos d'água da bacia no período de estiagem, impactando no fornecimento de água na área urbana da cidade de Goiás, a qual é reconhecida como Patrimônio da Humanidade, pela Organização das Nações Unidas para Educação, Ciências e Cultura (UNESCO), por seu valor histórico, cultural e arquitetônico.

Outras situações observadas e difundidas pelos moradores da região são a ocupação das áreas de preservação permanente, a extração irregular de areia e o aumento da instalação de represas. Tais condições sugerem estudos mais detalhados da bacia, integrando variáveis ambientais e antrópicas, para um diagnóstico das condições geoambientais que sinalizem para a compressão dos fenômenos.

# 1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

## 1.1 Bacia hidrográfica: aspectos teóricos, conceituais e metodológicos

### 1.1.1 A bacia hidrográfica enquanto unidade de estudos geoambientais

Para Botelho e Silva (2010), uma Bacia Hidrográfica (BH) é uma unidade espacial de análise da Geografia Física e, segundo estes autores, a compreensão de bacia hidrográfica como elemento principal de análise ambiental permite conhecer e avaliar de forma integrada as ações humanas sobre os vários elementos do sistema e seus processos.

Uma BH, ou bacia de drenagem, é uma superfície drenada por um rio principal e seus tributários e delimitada por divisores de água. De acordo com Botelho (1999), os estudos aplicados em bacias visam identificar vulnerabilidades ambientais e entender a dinâmica ambiental, mas, para isso, é necessário considerar todos os fatores do meio físico, como o relevo, as condições climáticas, o solo, a rede de drenagem, a cobertura vegetal e a estrutura geológica (BOTELHO, 1999).

Outras conceituações de BH foram formuladas ao longo do tempo por pesquisadores como Strahler (1952), Christofolletti (1991) e Cunha e Guerra (2003). Na maioria delas, considera-se BH uma área da superfície terrestre drenada por uma rede de curso d'água, onde ocorre a captação da água precipitada, convergida para um ponto comum. De tal modo, o conceito abrange a entrada, a circulação, o armazenamento e a saída de água e materiais no espaço, formando, assim, um sistema de drenagem com estrutura organizada.

Uma drenagem fluvial é constituída por um conjunto de canais de escoamento interligados, na qual a área drenada produz uma rede de drenagem que tem relação direta com o regime das precipitações e com as perdas por evapotranspiração e infiltração. Do mesmo modo, têm papel importante no escoamento canalizado a topografia, a cobertura vegetal, o tipo de solo, a litologia e a estrutura das rochas da bacia hidrográfica (CUNHA, 2001; COELHO NETTO, 2001; BERTONI; LOMBARDI NETO, 2014).

A BH é uma área de captação natural das águas das chuvas que escoam em superfície para um ponto comum chamado de exutório (TUCCI, 1997; FINKLER, 2014). O exutório é o ponto de partida para a delimitação de uma bacia hidrográfica, pois, nesse ponto, inicia-se a área de uma outra bacia ou o trecho final do sistema de drenagem (SPERLING, 2007).

São nas BHs que as sociedades desenvolvem as suas mais variadas atividades, como o cultivo de alimentos e o estabelecimento de espaços urbanos e industriais. Diante disso, é importante entender que será no exutório o local onde estarão representados todos os processos que fazem parte do seu sistema, portanto, o que ali ocorre é o desfecho das características físico-naturais e das formas de uso e ocupação no interior da bacia (PORTO; PORTO, 2008).

O comportamento hidrológico de uma BH caracteriza-se pelos seus aspectos físicos (como forma, relevo, área, geologia, rede de drenagem e solo) e bióticos (como a cobertura vegetal) (LIMA, 1976), bem como socioeconômicos, ao incorporar as atividades antrópicas. Dessa forma, as propriedades físicas e bióticas de uma bacia possuem importante papel na dinâmica do ciclo hidrológico, influenciando no escoamento, na infiltração e na quantidade de água produzida. O comportamento hidrológico de uma BH também é afetado pela ação humana, pois quando esta interfere no meio natural, acaba por alterar, em vários níveis, a dinâmica hidrológica (TONELLO, 2005).

Horton e Strahler, na década de 1940, contribuíram para a implementação de metodologias para os estudos do fluxo hídrico em BHs, com ênfase nos aspectos hidrológicos e geomorfológicos. Estes estudos se tornaram referência e contribuíram para as pesquisas ao estabelecer leis básicas e modelagens matemáticas aplicadas à descrição das redes de drenagem (CHRISTOFOLLETTI 1980; LIMA, 2005).

Diante do exposto, é notável a importância das BHs enquanto unidades espaciais de estudos geoambientais, principalmente por suas características sistêmicas. Em função disso, são reconhecidas enquanto categoria ou conceito-chave de análise em várias áreas do conhecimento, em especial as que possuem como objeto de estudo os fenômenos e processos resultantes da interação homem-natureza. Outra questão que se evidencia é que, enquanto recorte especial de análise, uma BH precisa ser compreendida em sua integralidade ambiental e socioeconômica.

### *1.1.2 Instrumentos de Gestão Aplicados à Bacia Hidrográfica*

A gestão dos recursos hídricos no Brasil é regida Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), que foi instituída pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, na qual as BHs são consideradas como unidades de estudo e gestão (BRASIL, 1997). Esta Lei tem entre seus fundamentos que a água é um bem de domínio público, dotado de valor econômico, cujos usos prioritários são o abastecimento humano e a dessedentação de animais e cuja gestão deve tomar

como unidade territorial a BH. A Lei prevê a gestão compartilhada e os instrumentos introduzidos para viabilizar a implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos os Comitês de Bacias (BRASIL, 1997).

Os Comitês de Bacias são formados por representantes do poder público, da sociedade civil e dos usuários das águas, com o propósito de democratizar a tomada de decisão junto aos usuários da BH. Estão entre as atribuições dos comitês arbitrar conflitos, debater a gestão dos recursos hídricos, aprovar projetos e o plano de recursos hídricos e estabelecer mecanismos de cobrança pelo uso dos recursos hídricos (BRASIL, 1997).

Os comitês viabilizam a implementação do Plano Nacional de Recursos Hídricos que estabelecem as diretrizes de gerenciamento dos recursos hídricos em nível de bacia hidrográfica, estado ou país. Neles são definidos os usos múltiplos, levando em consideração o diagnóstico e a disponibilidade hídrica, bem como prognósticos para o futuro; devem considerar a diversidade ambiental e socioeconômica em uma bacia hidrográfica e, ainda, viabilizar a participação dos atores envolvidos e articulados nos mais diversos setores (BRASIL, 1997).

Como a água é um recurso de domínio público no Brasil, instituiu-se a outorga como documento que autoriza e condiciona o uso, sendo emitida exclusivamente pela União ou Estados, a depender da dominialidade do corpo hídrico e, ainda, mediante o conhecimento das disponibilidades hídricas (redes de monitoramento hidrológico) e do cadastramento das demandas (usos e usuários outorgados). Com esta ferramenta, o poder público reúne condições de controle e gestão da água a serem efetuadas em duas vertentes: o controle do uso, relativo ao usuário; e o controle de objetivos de gestão, voltado ao corpo hídrico (LEAL, 1998).

No Estado de Goiás, a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos foram instituídos pela Lei Estadual nº 13.123, de 16 de julho de 1997, que dispõe sobre a conservação e proteção ambiental e dos depósitos de água subterrânea.

O Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) traz as seguintes diretrizes e determinações:

I - utilização racional dos recursos hídricos; II - aproveitamento múltiplo dos recursos hídricos; III – desenvolvimento de programas de proteção das águas contra contaminações e superexploração; IV - defesa contra eventos hidrológicos críticos, que ofereçam riscos à saúde e à segurança pública, assim como prejuízos econômicos e sociais; V - prevenção da erosão do solo com vistas ao assoreamento dos corpos d'águas; VI - desenvolvimento de programas permanentes de conservação e proteção dos mananciais de abastecimento público e VII - desenvolvimento de programas específicos de disseminação da legislação e conscientização, visando o uso racional dos recursos hídricos (GOIÁS, 1997).

A Agência Nacional de Águas (ANA), criada em 2001, pela Lei nº 9.984/2000, é uma entidade reguladora do uso dos recursos hídricos de domínio da União e entidades federativas e tem como objetivo executar o PNRH e a implantação do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos. A ANA detém o poder de outorga, fiscalização e cobrança pelo uso da água.

De acordo com Pereira e Johnsson (2005), o Convênio de Integração firmado entre a ANA, estados, comitês e agências de bacias é uma importante ferramenta de construção do pacto federativo para a gestão integrada das bacias compartilhadas, com a finalidade de dar conformidade aos parâmetros que definem os instrumentos de gestão, que são os planos de recursos hídricos, outorga, cobrança, sistema de informação, entre outros. O apoio aos Estados deve ser objeto de convênios específicos de cooperação a serem firmados entre a ANA e cada um dos Estados integrantes da bacia. Esses convênios ainda preveem a cooperação, a determinação de normas, critérios e procedimentos que permitam o uso adequado e eficaz do instrumento de delegação de competências da ANA para os órgãos gestores estaduais.

### *1.1.3 A Abordagem Sistêmica*

O emprego da ideia de sistema em estudos espaciais remete a Alexander Von Humboldt e Karl Ritter, no século XVIII, que enfatizavam que o homem e a natureza caminhavam juntos, em integração. Tal perspectiva marca a percepção da análise ambiental integrada para a abrangência da dinâmica socioespacial e sua relação com os aspectos físico-naturais (RODRIGUES; SILVA; BARROSO, 2014).

O conceito de sistema como um conjunto organizado de componentes e de interações surge na década de 1950, com a Teoria Geral dos Sistemas. Essa teoria é proposta por Ludwig Von Bertalanffy, biólogo austríaco, com o objetivo de propor uma abordagem teórico-metodológica de compreensão da dinâmica de inter-relação e interdependência das variáveis ambientais em um sistema ambiental (CHRISTOFOLETTI, 1991).

A proposta de abordagem e métodos sistêmicos aparece como uma alternativa para explicar a dinâmica que envolve os fluxos de matéria e energia da natureza, bem como a sua conservação e dissipação. Na Geografia, o método sistêmico foi incorporado inicialmente nos estudos geomorfológicos e climáticos realizados por Strahler, na década de 1950, posteriormente, vieram novas contribuições, nas décadas de 1960 e 1970, no uso dessa abordagem com enfoque nas inter-relações que ocorrem na natureza. Essas contribuições

fortaleceram a Geografia Física como importante ramo da ciência geográfica (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Um sistema é um conjunto de elementos e das relações entre eles e seus atributos. Dessa forma, os sistemas se apresentam como um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de matéria e energia, que emanam das relações de interdependência entre os fenômenos (TRICART, 1977; CHRISTOFOLETTI, 1980). Como resultado, o sistema manifesta as propriedades que lhe são próprias e que o diferenciam da soma das propriedades dos seus componentes (MATTOS; PEREZ FILHO, 2004). Ou seja, não há possibilidade de compreender o todo, na sua totalidade, se não perceber as partes e como elas se relacionam.

Tricart (1977) sugere algumas etapas para aplicação de estudos em sistemas ambientais em uma perspectiva de análise integrada. As etapas seriam a definição do quadro regional, com as caracterizações climáticas e o quadro morfoestrutural; a análise morfodinâmica, com o estudo do sistema morfogenético e do processo da influência antrópica e o grau de estabilidade morfodinâmica; e, por último, o estudo dos recursos ecológicos e dos problemas de gerenciamento do território, incluindo as formas de uso e ocupação do solo e a potencialização da ocorrência de impactos.

Na abordagem proposta por Tricart (1977), há uma ênfase aos processos geomorfológicos na elaboração das paisagens, com definição de três tipos de situações: os meios estáveis, os meios intermediários e os meios instáveis. Sobre essa análise, o autor finaliza que a evolução geomorfológica gera diferentes unidades de relevo, que, quando incorporadas às transformações humanas, produzem unidades de paisagem territorialmente demarcadas.

Para Rodriguez, Silva e Cavalcante (2013), na abordagem sistêmica é possível uma visão eficiente dos processos de interação entre os agentes físicos e antrópicos no interior do sistema. No entanto, as complexas inter-relações desenvolvidas em sistemas ambientais, em particular nas BHs, nas quais as respostas nem sempre surgem de forma direta e simples, ocorrem numa dialética permanente entre objetos, condicionantes, dinâmicas e resultados.

Aproveitando os princípios da Teoria Geral dos Sistemas, Christofolletti (2004) afirma que a abordagem sistêmica admite a compreensão do mundo como um todo integrado, e não somente como um conjunto desagregado. Sendo assim, é essencial o entendimento do cenário espaço-temporal e das suas articulações entre os vários elementos e a sua totalidade. Com base nisso, a abordagem sistêmica é o modelo teórico-metodológico em que o todo possui propriedades fundamentais, que advêm das interações e relações entre as partes.

#### *1.1.4 Teoria do Geossistema*

A Geografia, desde o seu início, vem trabalhando com as questões ambientais, mas o agravamento dos problemas relacionados ao meio ambiente e o desenvolvimento das técnicas de interferência nas paisagens naturais fizeram com que a ciência geográfica assumisse seu caráter proeminentemente ambientalista (MENDONÇA, 2004).

Para Neves (2014), coube à Geografia, por meio do método sistêmico, a análise integrada entre os fluxos de matéria e energia dos sistemas ambientais e o surgimento do conceito de “geossistemas”. Essa criação deriva do conceito de paisagem, primeiro na perspectiva russa e, mais tarde, na francesa, contribuindo na análise dos processos geográficos e a sua conexão entre sociedade e natureza, atribuindo grande valor à ação antrópica sobre o geossistemas.

Os principais disseminadores da teoria geossistêmica foram os russos, contudo foram os franceses que assumiram os mais importantes trabalhos relacionados aos estudos ambientais sob o ponto de vista geográfico. Dentre eles, Georges Bertrand, que insere a ação do homem como elemento importante da dinâmica da paisagem e dos geossistemas, e Tricart, com a ecogeografia e a ecodinâmica, em que se apresenta uma nova proposta metodológica de análise integrada do meio físico (CHRISTOFOLETTI, 1982, MENDONÇA, 1989; ROSS, 2006).

O conceito de geossistema foi proposto por Victor Sotchava, em 1960. Em suas obras, o autor buscou determinar uma metodologia que pudesse alcançar respostas eficientes às questões geográficas e que deveria ser norteada pela: modelização de geossistemas; elaboração de uma teoria especial; propositura de métodos para a avaliação quantitativa; análise das conexões espaciais; levantamento das condições espacial e temporal dos geossistemas; estudos da influência dos fatores socioeconômicos; exame de projetos para a utilização-conservação do ambiente geográfico e seleção; e processamento e sistematização de informações sobre a paisagem natural para a educação e a pesquisa (SOTCHAVA, 1977).

A partir da década de 1980, as concepções de geossistema passaram a ser mais complexas e abrangentes, avançando para além dos fenômenos naturais, incorporando aspectos socioeconômicos (RODRIGUEZ; SILVA, 2013). Bertrand (1968 apud NASCIMENTO; SAMPAIO, 2005) propõe a combinação entre o Potencial Ecológico (clima, hidrologia, geomorfologia), a Exploração Biológica (vegetação, solo, fauna) e a Ação Antrópica. Dessa combinação, comprovou-se a dinâmica e a inter-relação entre os processos sociais junto aos naturais no geossistema. Ainda nesse aspecto, Bertrand destaca a dinâmica antrópica na

modificação da paisagem, especialmente ao criar taxonomias para a delimitação das unidades de paisagem global, destacando as zonas superiores (Zona, Domínio e Região) e inferiores (Geossistema, Geofácia e Geótopo).

Para Bertrand e Bertrand (2007), o termo geossistemas pode ser compreendido como um espaço natural formado pelas relações entre os elementos da natureza e os resultados da ação humana (BERTRAND; BERTRAND, 2007). Troppmair (2004) entende o geossistema como um sistema espacial natural, aberto e homogêneo e expresso por sua morfologia, o que demonstra a organização da disposição dos elementos e a sua estrutura no espaço. Para o autor, o fluxo de energia e matéria variam no espaço e no tempo devido à inter-relação de seus elementos e pela exploração biológica da flora, fauna e humana.

#### *1.1.5 Bacia Hidrográfica, um Sistema Aberto*

Os sistemas ambientais são entidades espaciais compostas por uma estrutura de variáveis ambientais (bióticos e abióticos) e sociais, que se inter-relacionam produzindo uma dinâmica e uma funcionalidade (CHRISTOFOLETTI, 1999). Observando a complexidade de um sistema e se ocupando do subsistema biofísico, as BHs podem ser vistas como um sistema complexo, pois, segundo Nascimento e Carvalho (2003), nelas incluem diversas variáveis interconectadas na formação do ciclo (auto ajuste, dissipação e, novamente, auto-organização com produção de entropia).

De acordo com Coelho Neto (1998), uma bacia é um sistema aberto, pois recebe energia e matéria da atuação climática e das forças tectônicas e perde energia e matéria, a partir da saída de água, sedimento e nutrientes da área da bacia. Guerra e Mendonça (2007) consideram como sistemas abertos, em termos de *inputs* (precipitações) e *outputs* (saída de água e sedimentos), de energia no interior da BH. Como sistemas ambientais abertos, as BHs devem ser analisadas numa perspectiva integradora, considerando seus componentes, os processos e interações, com vistas à compreensão das causas e consequências das intervenções humanas no sistema como um todo (BOTELHO; SILVA, 2010).

Nesse sentido, por menor que seja a alteração antrópica no interior do sistema, pode-se levar à desorganização deste, devido ao alto grau de inter-relações existentes. Portanto, o planejamento e gerenciamento do sistema da bacia hidrográfica devem incorporar todos recursos naturais/ambientais. Além disso, a abordagem adotada deve integrar os aspectos ambientais, sociais, econômicos, políticos e culturais, com ênfase no primeiro, pois, qualquer

interferência no meio ambiente, os demais aspectos serão inevitavelmente afetados (PIRES; SANTOS, 1995). Em outras palavras, a bacia condiciona as diversas modalidades de uso e ocupação em detrimento de suas características, uma vez que desta se determinam as potencialidades e limitações e, conseqüentemente, os conflitos de interesses no aproveitamento de seus recursos naturais.

#### *1.1.6 SIG e Estudos Geoambientais em Bacias Hidrográficas*

Os sistemas adequados para auxiliar na manipulação dos dados espaciais são conhecidos como Sistema de Informações Geográficas (SIGs), que permitem a visualização das informações por meio de mapas e são capazes de integrar conhecimentos teóricos relacionando-os aos modelos digitais da realidade (ROSA; ROSS, 1999). Um SIG compõe-se de equipamentos e programas de computadores que possibilitam consulta, análise e resultados variados, bem como o armazenamento, processamento, gerenciamento e tratamento de diversos dados espaciais (JOHNSTON, 1998). Com o SIG é possível integrar-se a diferentes *softwares* e a outras tecnologias, como o sensoriamento remoto e o sistema de navegação por satélite (GNSS).

Lang e Blascke (2009) descrevem sobre a importância dos SIGs:

As aplicações do SIG na análise e planejamento da paisagem envolve a delimitação de objetos e representação da realidade; avaliação dos ecossistemas e seus prejuízos; descrição das condições atuais e desenvolvimento de cenários para apoio a tomada de decisões; quantificação da configuração espacial e diversidade do espaço; detecção dos tipos de uso e suas mudanças e modelagem da paisagem, incluindo avaliação, planejamento e intervenção (LANG; BLASCHKE, 2009).

O geoprocessamento é um dos componentes do SIG e tem como função a manipulação de dados espaciais georreferenciados por meio de técnicas computacionais para o tratamento de informações geográficas. O geoprocessamento tem como principal característica a formação de conhecimentos, a partir das tecnologias, para a solução de problemas espaciais (PIROLI, 2010).

O SIG é próprio para a análise de questões relacionadas à superfície terrestre, como a localização de um objeto de estudo ou fenômeno em relação a outros ou em relação a influências ambientais. Os mapas temáticos representam um dos produtos do SIG, os quais conseguem representar diferentes dados, que podem ser utilizadas como modelagem e teste de hipóteses, e

contribuem para estudos de paisagens (JOHNSON; GAGE, 1997; FARINA, 1998; JOHNSTON, 1998).

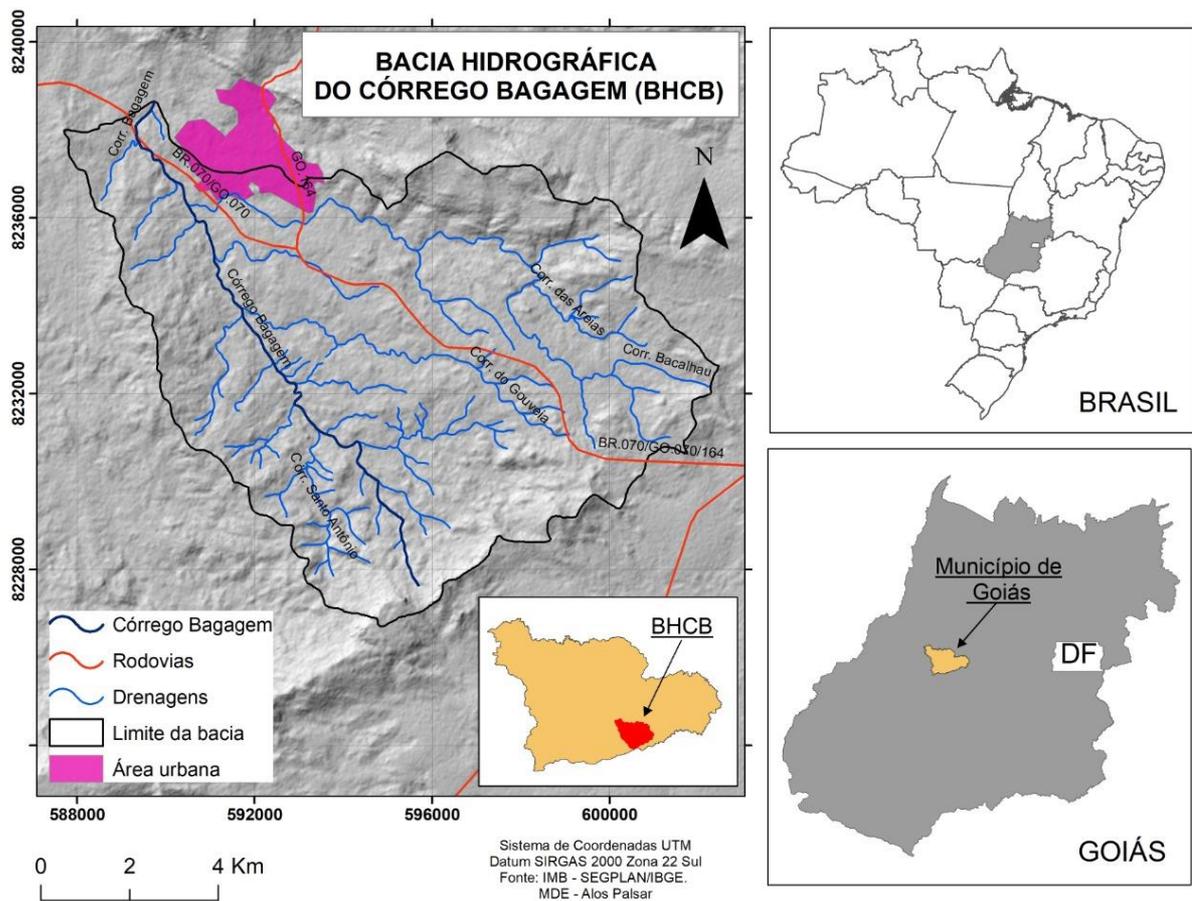
Dentre as aplicações do SIG estão os diagnósticos ambientais e de manejo de BHs. Dessa utilização são possíveis perspectivas de inovação, tanto no que tange o conhecimento sobre a dinâmica socioambiental, quanto no suporte para as ações de planejamento e gestão. Aplicados aos estudos geoambientais em BHs, as técnicas de geoprocessamento têm contribuído para a caracterização morfométrica e geométrica de bacias hidrográficas e redes de drenagem, bem como para o mapeamento dos atributos físico-naturais. Elas visam o levantamento de informações sobre a estrutura e configuração da paisagem e as relações entre os processos que ocorrem em diferentes escalas de tempo e espaço (ALLAN; FLECKER, 1993).

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

O estudo foi desenvolvido na Bacia Hidrográfica do Córrego Bagagem (BHCB), localizada entre as coordenadas métricas UTM (Universal Transversa de Mercator) 588000/602000m E e 8226000/8238000m N, fuso 22 Sul, área que se posiciona na porção sudeste do município de Goiás, estado de Goiás (Figura 1).

**Figura 1 – Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Córrego Bagagem (Goiás-GO)**



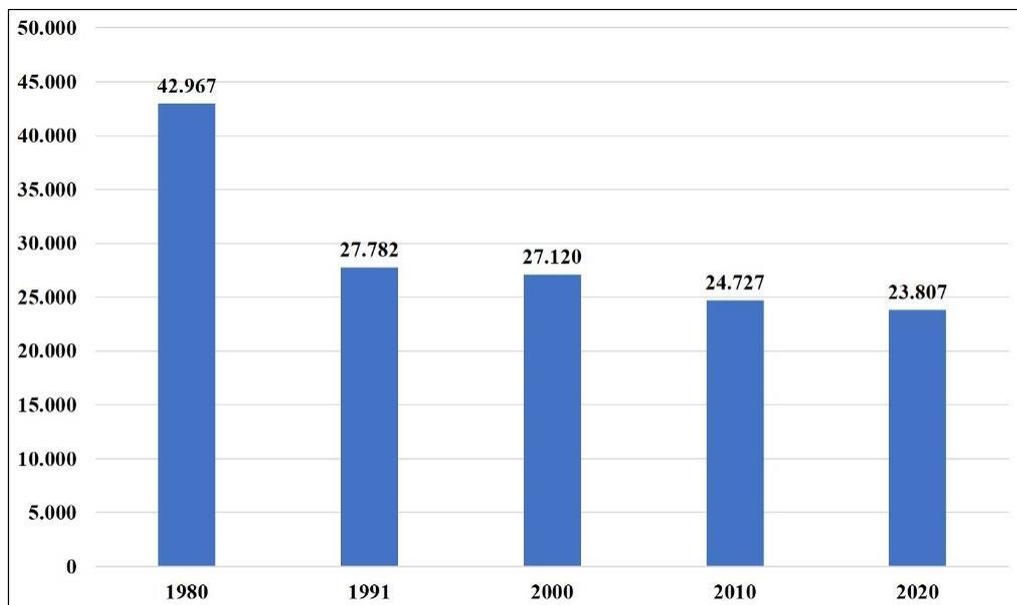
**Fonte dos dados: IMB – SEGPLAN/IBGE. Organização: própria autora.**

A extensão territorial da bacia é equivalente a uma área de 98,7 km<sup>2</sup> e seu território está, em sua totalidade, no município de Goiás. Os principais tributários do Córrego Bagagem são os córregos Areias, Santo Antônio, Gouveia e Bacalhau. Sendo este último a principal fonte de captação de água que abastece a população da cidade de Goiás. Os cursos d'água que compõem a bacia fazem parte do sistema de drenagem da Alta Bacia do Rio Vermelho.

## 2.2 Aspectos demográficos e econômicos da área de estudo

Os dados aqui apresentados são relacionados ao município de Goiás, onde a bacia do Córrego Bagagem está inserida em sua totalidade. A área do município compreende 3.108,018 km<sup>2</sup>. De acordo com o Censo Demográfico do IBGE, o município de Goiás possuía, em 1980, uma população de 42.967 habitantes e uma projeção de 23.807 habitantes para o ano de 2020 (Figura 2). Os dados informados para os anos de 1980, 1991, 2000 e 2010 são dados censitários e para o ano de 2020 dado estimado.

**Figura 2 - População do município de Goiás (GO) – Período de 1980 a 2020**



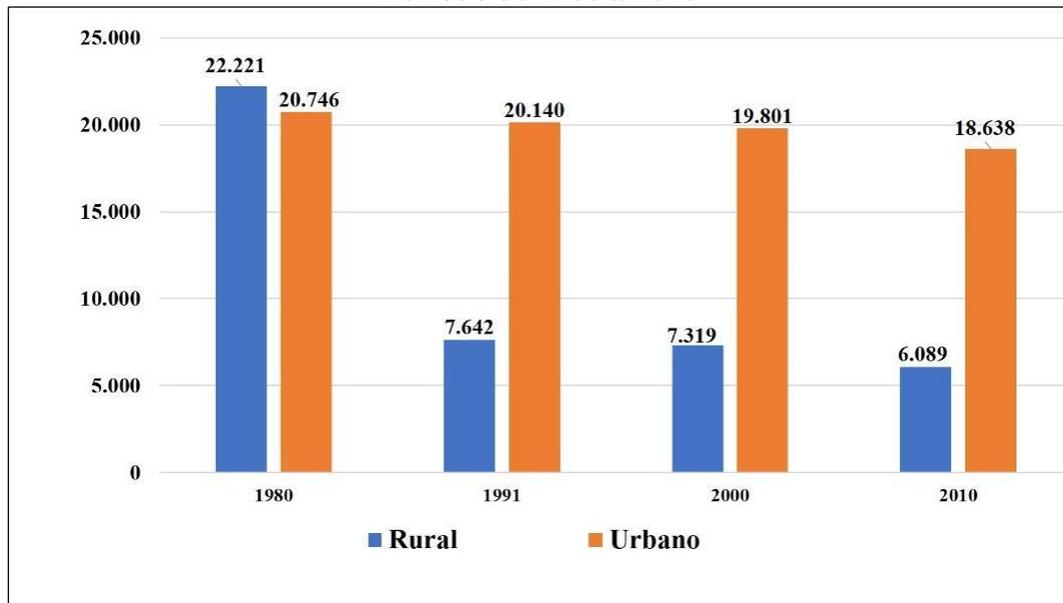
**Fonte dos dados: IBGE. Organização: própria autora.**

O gráfico aponta que o município de Goiás vem perdendo população. O censo de 1991 foi o que apresentou o maior declínio populacional, ou seja, menos 15.185 habitantes em relação a 1980, o que equivale a uma perda de pouco mais de metade da população do município. Segundo os dados do IBGE, a taxa de crescimento de 1991 foi (-3,89); do ano de 2000 (0,27); 2010 (-0,92) e do ano de 2019 (-0,97).

Outro dado importante no município de Goiás está relacionado com a distribuição espacial da população (Figura 3). O gráfico mostra que no de 1980 a população rural compreendia 51,71% da população do município, estando 48,28% no espaço urbano. Nas décadas seguintes, a população urbana toma o protagonismo, sendo que no ano de 1991 a população rural decresce para 27,50% e o espaço urbano cresce para 72,49%. No ano de 2000,

a população urbana registra decréscimo, mas em nível mais lento, passando para 73,01% e a população rural decresce para 26,98%. Já no ano de 2010, a população urbana ultrapassa a marca de  $\frac{3}{4}$  da população (75,38%), restando somente 24,62% no espaço rural. A densidade demográfica cidade de Goiás, em 2020, era de 7,20 hab/km<sup>2</sup>.

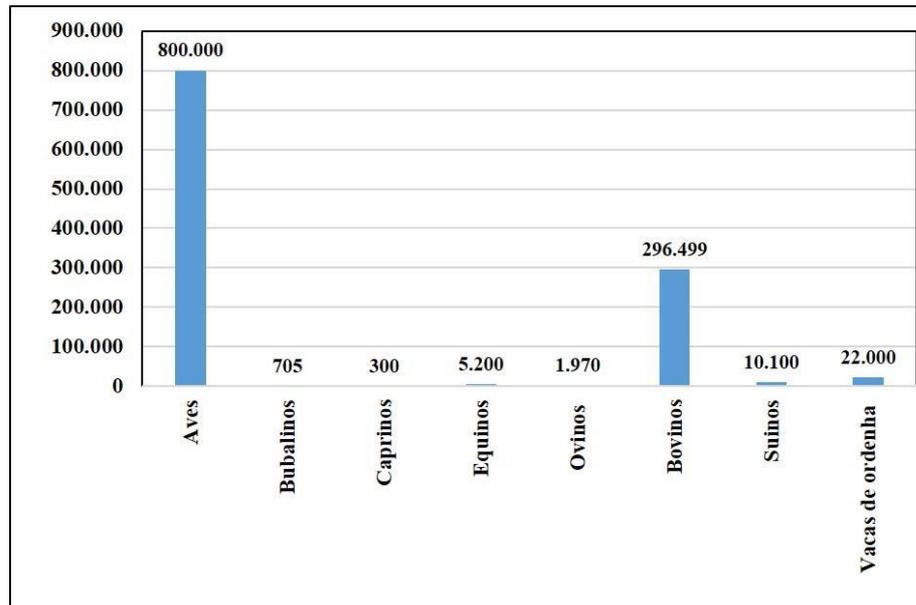
**Figura 3 - Distribuição da população urbana e rural no município de Goiás (GO) – Período de 1980 a 2010**



**Fonte dos dados: IBGE. Organização: própria autora.**

As principais atividades econômicas do município de Goiás (GO) estão ligadas aos setores dos serviços públicos de administração direta e indireta e do setor privado; atividades industriais e criação de animais (pecuária) - Figura 4 -; as lavouras temporárias (algumas como milho, soja, sorgo, tomate, entre outras) - Figura 5; e a extração mineral (água, areia, cascalho e calcário), como pode ser visto na Figura 6. O produto interno bruto per capita do município foi de R\$ 18.830 no ano de 2017 (IMB, 2020).

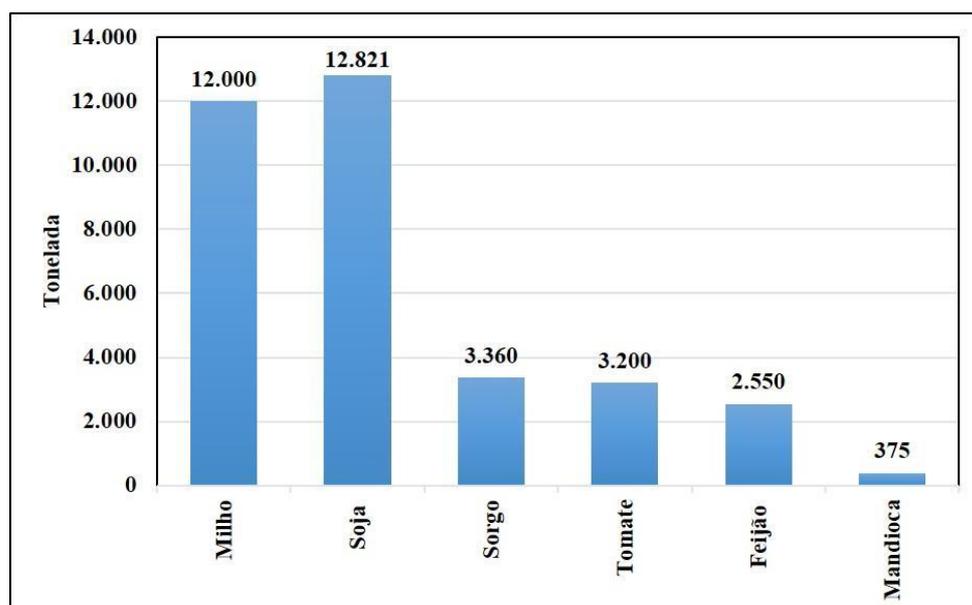
**Figura 4 - Efetivo da pecuária no município de Goiás (GO) – 2018**



Fonte dos dados: IBGE. Organização: própria autora.

Na Figura 4, pode-se observar a extração e criação de animais (pecuária) desenvolvida no município, no ano de 2018. A criação de aves é predominante, com 800.000 cabeças no ano. Em segundo lugar, a criação de bovinos, com 296.499 cabeças. Em terceiro lugar, tem-se as vacas de ordenha, com 22.000 cabeças. Na produção agrícola no município, no ano de 2017 (Figura 5), se destacou o cultivo de soja e de milho, com 12.821 e 12.000 toneladas, respectivamente.

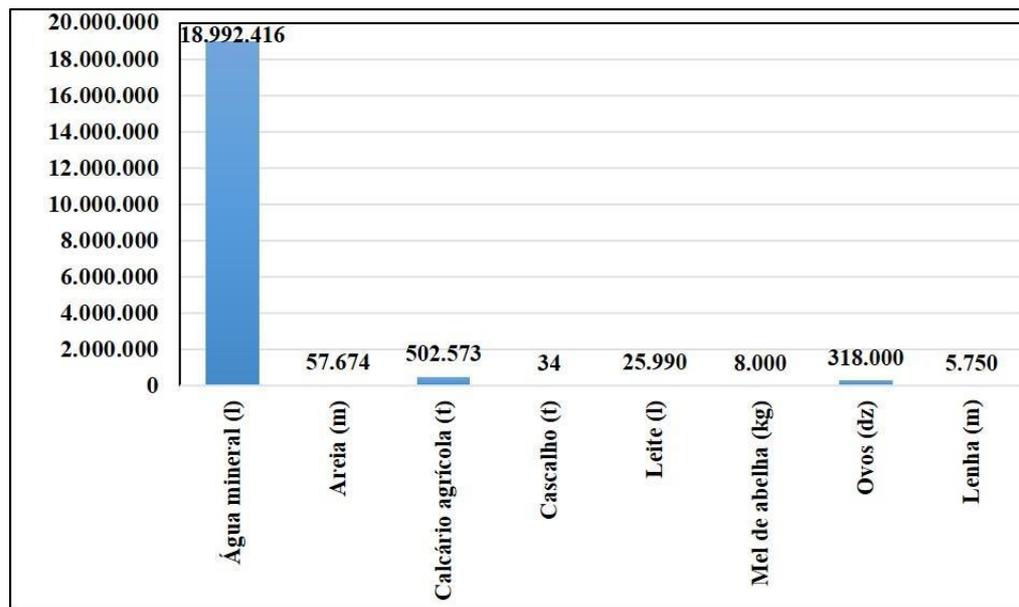
**Figura 5 - Principais produtos agrícolas do município de Goiás (GO) - 2017**



Fonte dos dados: IBGE. Organização: própria autora.

Na Figura 6, pode-se observar a extração de origem animal e mineral no município de Goiás, no ano de 2016. Predomina a extração de água mineral, com 18.992.416 litros. Em seguida, a extração de calcário agrícola, com 502.573 toneladas, a produção ovos (318.000 dúzias), a extração de areia (57.674 metros), o leite (25.990 litros), a lenha (5.750 metros) e, por fim, a extração de cascalho, com 34 toneladas.

**Figura 6 - Extração de Origem Animal e Mineral no município de Goiás (GO) em 2016**



Fonte dos dados: IBGE. Organização: própria autora.

### 2.3 Caracterização morfométrica

A análise morfométrica de bacias hidrográficas, segundo Faria *et al.* (2009), é uma investigação quantitativa das interações entre os aspectos físicos e a dinâmica hidrológica. Os métodos morfométricos descrevem dinâmica fluvial e a relação entre os elementos físicos e bióticos. Os índices morfométricos servem como um diagnóstico das características físicas e hidrológicas de uma bacia e auxiliam na definição de áreas suscetíveis a eventos geomorfológicos, hidrológicos e meteorológicos extremos. As variáveis morfométricas são expressas em índices comumente organizados em três grupos, que envolvem as características geométricas, as características da rede de drenagem e as características do relevo (CAMPANHARO, 2010).

A caracterização morfométrica da BH do Córrego Bagagem (BHCB) foi feita com base na avaliação de variáveis geométricas, do relevo e da rede de drenagem (Quadro 1). Vários

pesquisadores têm recorrido a esses padrões na tentativa de compreender os aspectos naturais e antrópicos das bacias e redes de drenagem, tais como Villela e Mattos (1975), Christofolletti (1999), Collares (2000), Lana *et al.* (2001), Santos e Sobreira (2008), Lima Neto *et al.* (2008), dentre outros.

**Quadro 1 - Características morfométricas de bacias hidrográficas**

<b>Características Morfométricas</b>	<b>Variáveis</b>
Características geométricas	Área (A)
	Perímetro (P)
	Fator de forma (Ff ou Kf)
	Índice de circularidade (Ic)
	Coefficiente de compacidade (Kc)
	Índice de rugosidade
	Comprimento da bacia (L)
	Largura da bacia
Características da rede de drenagem	Comprimento do curso d'água principal
	Comprimento total dos cursos d'água
	Extensão das drenagens ou total de cursos d'água
	Padrão de drenagem
	Densidade dos rios (Dr)
	Densidade de drenagem (Dd)
	Ordem dos cursos d'água
	Altitude inicial do curso principal
	Altitude final do curso principal
	Altitude média da bacia
	Coefficiente de manutenção (Cm)
	Tempo de concentração (Tc)
A extensão média de escoamento (l)	
Características do relevo	Orientação
	Declividade mínima
	Declividade máxima
	Declividade média da bacia
	Declividade média do curso d'água principal
	Altitude mínima
	Altitude máxima
	Altitude média
	Amplitude altimétrica
	Índice de sinuosidade (Is)
	Relação do relevo (Rr)
	Curvatura do relevo

**Fonte: Tonello (2005).**

O estudo morfométrico da BHCb foi feito por meio de mapas de hipsometria, de declividade e de curvatura plana e de perfil do solo. Esses mapas foram gerados a partir do

Modelo Digital de Elevação (MDE) das imagens do satélite *Alos* (*Advanced Land Observing Satellite*), sensor *Palsar*, com resolução espacial de 12,5 metros, adquiridas na plataforma *Alaska* <<https://search.asf.alaska.edu/#/>> e datadas de fevereiro de 2011. As bases de dados vetoriais foram adquiridas nos sites do SIEG (Sistema de Geoinformação de Goiás) e IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Todo o processamento digital de imagens, interpolações e tratamento de bases vetoriais foram realizados no *software* de geoprocessamento *ArcGis*, versão 10.3 (ESRI, 2014).

Aspectos como declividades, hipsometria e curvatura do perfil foram derivados a partir MDE e viabilizaram a representação topográfica digital da superfície em suas variáveis geométricas. O MDE é um modelo numérico da superfície de representação digital da topografia em uma estrutura matricial, com valor de altitude para cada pixel (VALERIANO; CARVALHO JÚNIOR, 2003).

Os parâmetros e as respectivas equações para obtenção dos índices morfométricos são encontrados em Antoneli e Thomaz (2007), Christofolletti (1969), Villela e Mattos (1975), Tonello (2005), Lana, Alves e Castro (2001), Cardoso *et al.* (2006) e outros, sendo apresentados e detalhados a seguir.

### 2.3.1 Características geométricas

**a) Área (A):** A área da bacia é expressa em hectares (ha) ou quilômetros quadrados (km<sup>2</sup>) e pode ser obtida por planimetragem de mapas ou por cálculos a partir de mapas digitalizados, utilizando ferramentas computacionais de SIG (Sistemas de Informações Geográficas) (TUCCI, 2004). O mesmo autor ainda ressalta a importância dessa característica, pois a partir dela define-se a potencialidade hídrica de uma bacia: seu valor multiplicado pela altura de chuva precipitada define o volume de água recebido na bacia. A área de drenagem de uma bacia é o elemento básico para o cálculo de outros índices morfométricos (TONELLO, 2005). O cálculo da área da BHRB foi feito automaticamente em softwares de geoprocessamento.

**b) Perímetro (P):** O perímetro da bacia corresponde ao comprimento de uma linha imaginária ao longo do divisor de água (TONELLO, 2005). Refere-se à distância linear da área da bacia. O perímetro fornece subsídios para avaliação do nível de irregularidade que a forma da bacia apresenta, ou seja, sua forma. A forma de uma BH, de acordo com Villela e Mattos (1975), é uma das características físicas que variam de acordo com a estrutura geológica do terreno. A

forma influencia no tempo de concentração que leva para a água dos limites da bacia chegar até o ponto de saída, que é seu exutório. Os índices morfométricos que determinam a forma das bacias são: fator de forma (Ff), índice de circularidade (IC) e coeficiente de compacidade (Kc).

**c) Fator de forma (Kf ou Ff):** Está relacionado a forma da bacia com um retângulo, portanto, corresponde à divisão da largura média pelo comprimento axial da bacia (da foz ao ponto mais longínquo do divisor de água). Uma bacia com fator de forma baixo indica que a mesma é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo tamanho, porém com fator de forma maior (VILLELA; MATTOS, 1975).

<p style="text-align: center;"><b>Fórmula:</b> <math>Kf = \frac{A}{L^2}</math></p> <p>Sendo:  Kf = Fator de forma  A = Área da bacia  L<sup>2</sup> = Comprimento do eixo da bacia</p>	<p><b>Parâmetro (CARDOSO <i>et al.</i> 2006)</b></p> <p>Adimensional</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------

**d) Índice de circularidade (Ic):** O índice de circularidade está relacionado à forma da área da bacia e à proximidade com um círculo. As bacias com as formas mais próximas a um círculo apresentam maior tempo de concentração da água em seu interior durante a chuva e, conseqüentemente, mais riscos de enchentes (TONELLO *et al.*, 2006). Ainda segundo Lana, Alves e Castro (2001), quanto mais alongada a bacia, menores as chances de ocorrência de cheias.

<p><b>Fórmula:</b></p> $IC = \frac{12,57 \times A}{P^2}$ <p>Sendo:  IC = Índice de circularidade  A = Área de drenagem em km<sup>2</sup>  P = Perímetro em km</p>	<p><b>Parâmetro (SCHUMM, 1956 e ALVES; CASTRO, 2003):</b></p> <p>a) Valores maiores que 0,51 mostram que a bacia tende a ser mais circular;  b) Valores menores que 0,51 sugerem que a bacia tende a ser mais alongada.</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**e) Coeficiente de compacidade (Kc):** É a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia (CARDOSO *et al.*, 2006). Este coeficiente é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independentemente de seu tamanho. Quanto mais irregular for a bacia, maior será o coeficiente de compacidade (VILLELA; MATTOS, 1975). No Quadro 2, são apresentados os parâmetros relacionados ao coeficiente de compacidade.

<p style="text-align: center;"><b>Fórmula:</b> <math>Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}</math></p> <p>Sendo:  Kc = Coeficiente de compacidade</p>	<p><b>Parâmetro (VILLELA; MATOS, 1975):</b></p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------

A = Área da bacia P = Perímetro	<p>a) Acima de 1 = baixa suscetibilidade de ocorrência de inundações;</p> <p>b) Quanto mais próximo de zero, mais arredondada será a bacia e mais sujeita a enchentes.</p>
------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Quadro 2 - Classificação do Coeficiente de Compacidade**

Kc	Ff	Formato da bacia	Interpretação
1,00 - 1,24	1,00 – 0,75	Redonda	Alta possibilidade de enchentes
1,25 – 1,50	0,75 – 0,50	Ovalada	Tendência mediana a enchentes
1,50 – 1,70	0,50 – 0,30	Oblonga	Baixa possibilidade de enchentes
>1,70	<0,30	Comprida	Tendência à conservação

Fonte: Villela e Mattos (1975).

**f) Índice de rugosidade (*Ir*):** Segundo Christofolletti (1980), é a relação entre a amplitude altimétrica e a densidade da drenagem. Quanto maior for este índice, maior será o risco de degradação da bacia quando as vertentes são íngremes e longas (TRAJANO *et al.*, 2012). O índice baseia-se no uso da variabilidade da declividade para representar as formas de relevo. A aplicação deste parâmetro morfométrico permite analisar pontualmente a rugosidade do relevo em uma dada unidade de área e possui relação direta com a declividade (SAMPAIO, 2008).

<p><b>Fórmula:</b> <math>Ir = Hx Dd</math></p> <p>Sendo:  <math>Ir</math> = Índice de rugosidade  <math>H</math> = Amplitude altimétrica  <math>Dd</math> = Densidade de drenagem</p>	<p><b>Parâmetro</b></p> <p>Adimensional</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------

**g) Comprimento da bacia (L):** Este dado foi adquirido por meio do cálculo automático no *software* de geoprocessamento, utilizando o perímetro da bacia.

**h) Largura da bacia:** Foi calculado automaticamente no *software* de geoprocessamento, utilizando o perímetro da bacia.

### 2.3.2 Características da rede de drenagem

O sistema de drenagem de uma bacia hidrográfica é constituído pelo curso d'água principal mais os tributários e inclui todos os cursos d'água, sejam eles perenes ou intermitentes. Relaciona-se às principais condições métricas da rede hidrográfica; as metodologias adotadas foram baseadas em Strahler (1952) e Villela e Mattos (1975).

**a) Comprimento do curso d'água principal:** É determinado a partir do perfil longitudinal do curso d'água, medindo-se o comprimento do trecho entre a nascente mais distante e o ponto de interesse ou exutório (TUCCI, 2004). O comprimento do rio foi calculado automaticamente no *software* de geoprocessamento.

**b) Comprimento total dos cursos d'água:** Refere-se a soma do total dos cursos d'água da bacia. Este dado foi levantado a partir da extração da drenagem no momento da definição da ordem, por meio do MDE.

**c) Padrão de drenagem:** Os padrões de drenagem são influenciados por muitos fatores, incluindo variáveis climáticas e litológicas, mas a estrutura geológica é o principal fator, estabelecendo controles sobre o padrão de drenagem através de inclinações regionais da superfície ou através de descontinuidades estruturais, como falhas e fraturas, que podem acarretar assimetria da bacia de drenagem ou mudança brusca do padrão de drenagem (HOWARD, 1967). Estes dados foram levantados a partir da extração da drenagem no momento da definição da ordem, por meio do MDE.

**d) Densidade dos rios (Dr):** Corresponde à relação do número de rios ou canais com a área da bacia (CHRISTOFOLETTI, 1969).

<p><b>Fórmula:</b> <math>Dr = \frac{N}{A}</math></p> <p>Dr = Densidade dos rios N = Número de canais A = Área de drenagem em km<sup>2</sup></p>	<p><b>Parâmetro (BELTRAME, 1994):</b></p> <p>a) Resultado menor que 0,50 km/km<sup>2</sup> = Densidade baixa;</p> <p>b) Entre 0,50 – 2,00 km/km<sup>2</sup> - Densidade mediana;</p> <p>c) Entre 2,01 – 3,50 km/km<sup>2</sup> – Densidade alta;</p> <p>d) Resultado maior que 3,50 km/km<sup>2</sup> - Densidade muito alta.</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**e) Densidade de drenagem (Dd):** Indica o grau de desenvolvimento e eficiência do sistema de drenagem, definido pela relação entre o somatório dos comprimentos de todos os canais da rede e a área da bacia. Para Horton (1945), no cálculo deste indicador, deve-se considerar todos os rios, tanto os perenes quanto os intermitentes. Segundo Christofolletti (1969), valores elevados de densidade de drenagem indicam áreas com pouca infiltração e melhor estruturação dos canais. Este índice manifesta a influência geológica, topográfica, do solo e da vegetação da bacia hidrográfica, além de estar associado com a duração de tempo do escoamento superficial na bacia. Valores baixos de densidade de drenagem estão geralmente associados a regiões de rochas permeáveis e de regime pluviométrico caracterizado por chuvas de baixa intensidade.

<p><b>Fórmula:</b> <math>Dd = \frac{Lt}{A}</math></p> <p>Sendo:  Dd = Densidade de drenagem  Lt = Comprimento total dos canais  A = Área de drenagem em km<sup>2</sup></p>	<p><b>Parâmetro (BELTRAME, 1994; VILLELA; MATTOS, 1975):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Resultado menor que 0,5 km/km<sup>2</sup> = Densidade baixa de drenagem pobre</li> <li>b) Entre 0,50 – 2,00 km/km<sup>2</sup> - densidade mediana;</li> <li>c) Entre 2,01 – 3,50 km/km<sup>2</sup> – densidade alta;</li> <li>d) Maior que 3,5 km/km<sup>2</sup> ou mais - Densidade muito alta.</li> </ul>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**f) Ordem dos cursos d'água:** consiste no processo de se estabelecer a classificação de determinado curso d'água ou da área drenada que lhe pertence, no conjunto total da bacia hidrográfica. Segundo Cardoso *et al.* (2006), os canais de primeira ordem são aqueles que não possuem tributários; os canais de segunda ordem só recebem tributários de primeira ordem; os de terceira ordem podem receber um ou mais tributários de segunda ordem, mas também recebem de primeira ordem; os de quarta ordem recebem tributários de terceira ordem e também de ordem inferior e assim sucessivamente. A hierarquização dos cursos d'água reflete o grau de ramificação ou bifurcação da rede de drenagem da bacia, indica a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica, sendo fator indicativo de sua propensão à ocorrência de cheias. A hierarquização da drenagem foi definida a partir modelo digital de elevação (MDE) das imagens do satélite *Alos*, sensor *Palsar*.

**g) Altitude inicial do curso principal:** Dado levantado a partir do mapa hipsométrico.

**h) Altitude final do curso principal:** Informação extraída da drenagem e da elaboração do mapa hipsométrico, a partir do modelo digital de elevação.

**i) Altitude média da bacia:** Este dado foi adquirido por meio de cálculo automático em *software* de geoprocessamento, a partir MDE do *Alos Palsar*.

**j) Coeficiente de manutenção (Cm):** Representa a área necessária que a bacia deve ter para manter perene cada metro de canal de drenagem (CHRISTOFOLETTI, 1969; TRAJANO *et al.*, 2012).

<p><b>Fórmula:</b> <math>Cm = \frac{1}{Dd} \times 1000</math></p> <p>Sendo: Cm = Coeficiente de manutenção Dd = Densidade de drenagem</p>	<p><b>Parâmetro (SCHUMM, 1956)</b></p> <p>Indica a área mínima necessária para manter cursos perenes.</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------

**k) Tempo de concentração (Tc):** É o tempo que a água da chuva gasta para movimentar-se desde a parte mais longínqua da bacia até o exutório. As principais variáveis que afetam o tempo de concentração de uma bacia hidrográfica são: (a) tamanho - quanto maior a bacia, maior o tempo de concentração; (b) topografia - em bacias de topografia acidentada que ocasiona escoamento rápido da enxurrada, o tempo de concentração será menor que em bacias de topografia suave; (c) forma - quanto mais alongada for a bacia hidrográfica, maior será o tempo de concentração, intensidade menor e menos intensidade de enxurrada (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2014).

<p><b>Fórmula:</b> <math>Tc = \frac{4\sqrt{A+1,5L}}{0,8\sqrt{H}}</math></p> <p>Sendo: Tc = Tempo de concentração H = Amplitude altimétrica L = Comprimento dos canais A= Área da bacia</p>	<p><b>Parâmetro</b></p> <p>Adimensional</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------

**l) A extensão média de escoamento (I):** Este parâmetro indica a distância média que a água de chuva teria que escoar sobre os terrenos da bacia (em linha reta) do ponto onde ocorreu sua queda até o curso d'água mais próximo. Ele dá uma ideia da distância média do escoamento superficial (VILLELA, 1975).

<p><b>Fórmula:</b> <math>I = \frac{Ad}{4Lt}</math></p> <p>Sendo: I = Extensão média de escoamento</p>	<p><b>Parâmetro</b></p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------

Ad = Área de drenagem da bacia em km <sup>2</sup> LT = Comprimento total dos cursos de água em km.	Adimensional
-------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------

### 2.3.3 Características de relevo

Para caracterização do relevo da BHCB foram determinados: orientação; declividades mínimas, máximas e média da bacia e a declividade média do rio principal; altitudes máxima, mínima e média; amplitude altimétrica; índice de sinuosidade; a relação de relevo e a curvatura do relevo. O relevo de uma bacia hidrográfica é um elemento que possui grande influência sobre os fatores hidrológicos e pluviométricos, pois o tempo de concentração da água e a velocidade de escoamento são determinados pela declividade do terreno. Por isso, é importante o conhecimento da declividade do terreno para entender a vulnerabilidade à erosão e o planejamento de uso e ocupação (JORGE; UEHARA, 1998).

**a) Declividade:** A declividade é o grau ou percentual de inclinação de uma vertente e relaciona-se com a velocidade em que se dá o escoamento superficial e sua concentração nos leitos fluviais que compõe a rede de drenagem das bacias. As ocorrências de enchentes, os processos de infiltração e a suscetibilidade à erosão dos solos dependerão da velocidade do escoamento na superfície (VILLELA; MATTOS, 1975). Quanto à declividade do curso d'água, pode ser obtida dividindo-se a diferença entre a cota máxima (cabeceira) e a cota mínima (foz) do curso d'água principal pelo seu comprimento. Para a caracterização, foi feita a elaboração das cartas de declividades da bacia, adotando a classificação proposta pela Empresa Brasileira de Produção Agropecuária – EMBRAPA, no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018) (Quadro 3).

**Quadro 3 - Classes de declividade**

Formas de relevo	Intervalo (%)	Descrição
Plano	0 - 3	São áreas consideradas terrenos planos, nas quais os desnivelamentos são muito pequenos e onde o escoamento superficial é lento.
Suave ondulado	3,1 - 8	Superfícies de relevo suave ondulado onde o escoamento superficial pode ser considerado de lento a médio.
Ondulado	8,1 - 20	Compreendem relevos ondulados onde o escoamento superficial é considerado de médio a rápido.
Forte ondulado	20,1 - 45	Superfícies de relevos acidentados, com vertentes fortemente inclinadas, onde o escoamento superficial é muito rápido.
Montanhoso	45,1 - 75	Relevo montanhoso e topografias com predomínio de formas acidentadas e onde o escoamento é extremamente rápido.
Escarpado	>75	Áreas com predomínio de formas abruptas, compreendendo superfícies muito íngremes e escarpamentos, tais como: frentes de cuestas, vertentes de declives muito fortes.

Fonte: Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2018).

**b) Declividade média da bacia:** Fator que influencia a velocidade de escoamento da água sobre o solo e interfere na capacidade de armazenamento de água neste. Quanto mais declivosas as bacias, menor capacidade de armazenamento superficial. Quanto maior a declividade de uma bacia, mais suscetível esta será à ocorrência de erosões e movimentos de massa (PRUSKI, 2006). Este dado foi adquirido por meio de cálculo automático em *software* de geoprocessamento, a partir MDE do *Alos Palsar*.

**c) Altitude:** Para a caracterização altimétrica (hipsometria), foi feito o mapa hipsométrico a partir do modelo digital de elevação, utilizando o MDE *Alos*, sensor *Palsar*.

**d) Amplitude altimétrica:** É a variação entre a altitude máxima e mínima do relevo.

Fórmula:	PARÂMETRO
$Hm = AN - AF$ <p>Sendo:  Hm = Amplitude altimétrica  AN = Altitude do ponto mais alto do divisor topográfico (m)  AF = Altitude da foz (m)</p>	Adimensional

e) **Índice de sinuosidade:** Expressa a relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial entre dois pontos extremos do canal principal. Relaciona o comprimento do canal com a distância vetorial (comprimento em linha reta) entre os dois extremos do canal principal.

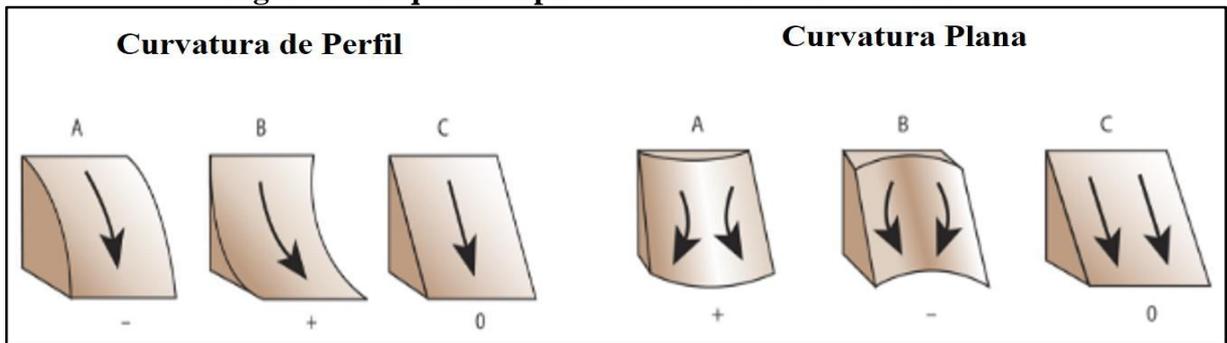
<p><b>Fórmula:</b> <math>Is = \frac{L}{Lv}</math></p> <p>Sendo:  <math>Is</math> = Índice de sinuosidade  <math>L</math> = Comprimento do canal principal  <math>Lv</math> = Comprimento vetorial do canal principal</p>	<p><b>Parâmetro (LANA, 2001)</b></p> <p>a) Valores próximos a 1,0 indicam que o canal tende a ser retilíneo;  b) Valores superiores a 2,0 sugerem canais tortuosos;  c) Valores intermediários indicam formas transicionais, regulares e irregulares.</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

f) **Relação de relevo (Rr):** Estabelece uma relação entre a diferença de altitudes máxima e mínima na bacia e o comprimento total do canal principal (SCHUMM, 1956).

<p><b>Fórmula:</b> <math>Rr = \frac{\Delta a}{L}</math></p> <p>Sendo:  <math>Rr</math> = Relação de relevo  <math>\Delta a</math> = diferença entre as altitudes máxima e mínima.  <math>L</math> = comprimento do canal principal.</p>	<p><b>Parâmetro (SCHUMM, 1956):</b></p> <p>a) Quanto maior o valor, maior será o desnível entre a cabeceira e o exutório, conseqüentemente maior a declividade média da bacia;  b) Quanto menor o valor, menor será o desnível entre a cabeceira e o exutório, conseqüentemente maior a declividade média da bacia.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

g) **Curvatura de relevo:** O perfil e o plano de curvatura são indicativos de como ocorrem os fluxos nas vertentes, os quais associam-se às propriedades hidrológicas e de transporte de materiais. Enquanto o primeiro refere-se ao caráter convexo/côncavo do terreno quando analisado em perfil, o segundo se refere ao caráter divergente/convergente dos fluxos de matéria sobre o terreno, analisado em uma projeção horizontal (VALERIANO, 2003). O valor da curvatura pode ser usado para encontrar padrões de erosão do solo, bem como entender o comportamento do escoamento superficial nas vertentes. A curvatura do perfil (Figura 7) afeta a aceleração e desaceleração do fluxo e, portanto, influencia a erosão e a deposição; já a curvatura plana (Figura 7) influencia a convergência e a divergência do fluxo. Segundo Christofolletti (1980), quando o resultado obtido é superior a 1,0, a vertente será predominantemente convexa e, quando menos que 1,0, prevalece a concavidade.

**Figura 7 - Esquema explicativo de Curvaturas de Relevô**



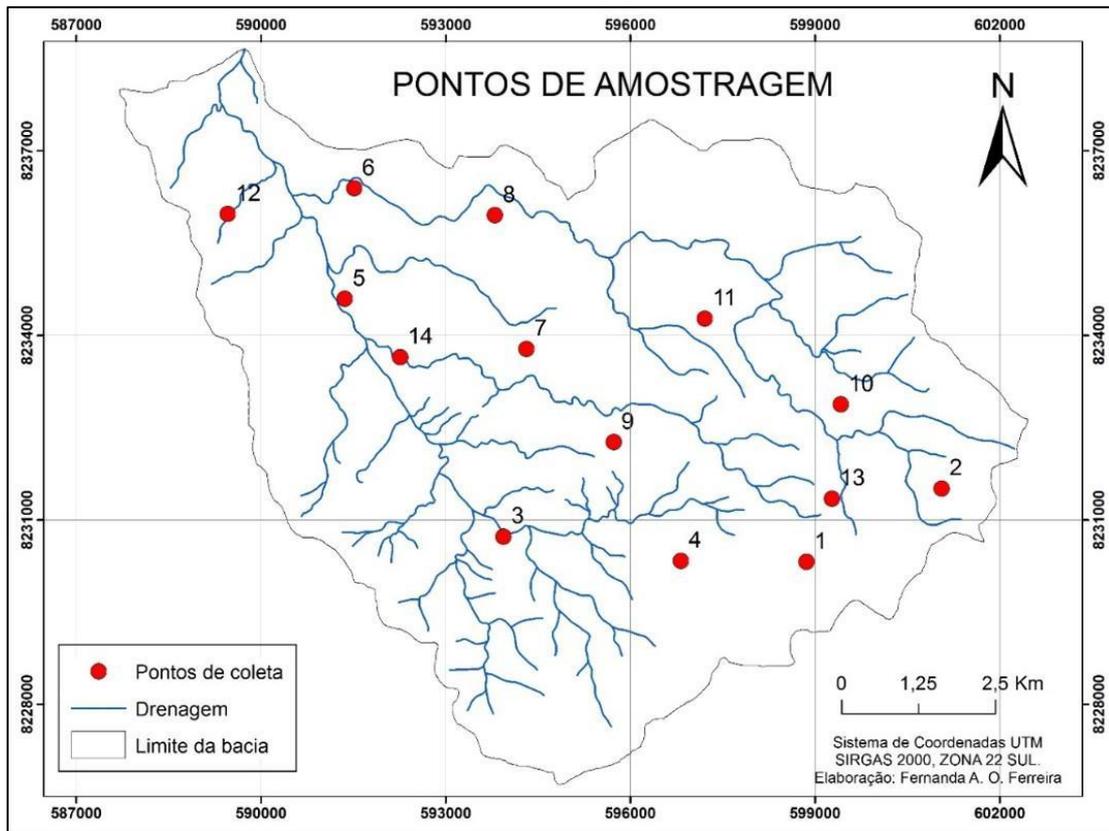
Fonte: Adaptação do texto, no arquivo <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/curvature-function.htm>

Por meio da utilização da função curvatura, no módulo *Spatial Analyst Tools*, presente no *software* de geoprocessamento, foi possível auferir uma base com células de valores numéricos que refletem as curvaturas das vertentes, as quais foram classificadas manualmente em côncavas/convergentes, convexas/divergentes e retilíneas/planares.

## 2.4 Características pedológicas

Para a caracterização pedológica foi elaborado um mapa de solos, a partir da base cartográfica elaborada pela Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária - EMATER-GO (2017). A caracterização do solo foi realizada com base no mapa pedológico do Estado de Goiás, com escala de 1: 250.000 (SIEG). Considerando que a escala do mapeamento de solos existente não possui uma escala a nível de detalhe e compatível com a área da bacia, o estudo dos solos foi acompanhado de análises granulométricas de pontos amostrais (Figura 8).

**Figura 8 - Malha amostral de pontos**



**Organização: própria autora.**

A malha amostral de pontos foi gerada em *software* de geoprocessamento, de forma, considerando áreas de fácil acesso, facilitadas por rodovias ou estradas vicinais e considerando os diferentes tipos de uso do solo e cobertura vegetal da bacia.

Para análise granulométrica das amostras de solos, foram realizadas as seguintes etapas: a primeira foi feita por meio da coleta de 14 amostras, com cavadeira na profundidade de 0-20 centímetros, retirando aproximadamente 1.000 gramas de solo. As amostras foram analisadas em laboratório pelo método da pipeta na terra fina seca ao ar (TFSA), segundo metodologia proposta pela EMBRAPA (2017).

Foram definidos os teores em porcentagem de areia total, silte e argila das amostras. Com os resultados, foi feita uma classificação granulométrica dos tipos de solos, utilizando o triângulo textural. Também foi gerado o índice de erodibilidade por meio do método proposto por Bouyoucos (1935 apud BERTONI; LOMBARDI NETO, 2004), aplicando a seguinte equação:

$$ER = (\% \text{ areia} + \% \text{ silte}) / (\% \text{ argila})$$

As diferentes características físicas do solo, como os teores de argila, silte e areia, são responsáveis pela determinação do grau de desagregação ou de erodibilidade. A erodibilidade é a suscetibilidade que os solos têm de serem erodidos (GUERRA; GUERRA, 2001).

## 2.5 Uso e cobertura do solo

Na pesquisa, foi utilizada a base do Projeto Mapbiomas de 2019. O Mapbiomas é um projeto de Mapeamento Anual de Uso e Cobertura do Solo do Brasil que envolve várias instituições governamentais, de pesquisa e universidades que estão produzindo uma série histórica de dados, utilizando imagens *Landsat*, que possui resolução espacial de 30 metros.

Para a convalidação dos dados mapeados, especialmente para identificar os tipos de cobertura, foram realizadas pesquisas de campo para a identificação dos tipos de fitofisionomias do Cerrado que se encontram na bacia, utilizando como parâmetro a proposta de classificação fitofisionômica de Ribeiro e Walter (1998). Nas observações de campo também foram identificadas e mapeadas as diferentes formas de uso da água e atividades que ocorrem às margens dos cursos d'água como: balneário, extração de areia, represamento, desvio de curso, captação de água para a abastecimento urbano, dessedentação de animais, dentre outras.

## 2.6 Características climáticas

Para o estudo da variação espaço-temporal dos principais elementos climáticos, foram compilados os dados do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa, no site do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, contemplando o período de 1981 a 2010 das normais climatológicas, compreendendo 30 anos de amostragem. Foram obtidos dados mensais referentes aos elementos climáticos: precipitação, temperatura (máxima, mínima e média), umidade relativa do ar e o balanço hídrico, este último utilizando a fórmula:

$$\text{Precipitação} - \text{Evapotranspiração} = \text{Balanço Hídrico}.$$

No tratamento dos dados climáticos da área da BHCB, foram construídos gráficos das médias de precipitação mensal e do número de dias de chuva por mês (1984 a 2018); médias mensais de umidade relativa do ar (1981 a 2010); médias mensais de temperatura máxima, média e mínima (1981 e 2010); e resumo do balanço hídrico climatológico mensal (1981 a 2010). Por fim, os dados foram organizados em planilhas de Excel, para tratamento estatístico

e elaboração das representações tabulares e gráficas que subsidiaram as análises e a caracterização climática da área da bacia. A fundamentação teórica baseou-se em Nascimento (2002) e Assad, Assad e Evangelista (1994), Alvares *et al.*, (2013) entre outros.

## **2.7 Delimitação das Áreas de Preservação Permanentes**

Para a definição das Áreas de Preservação Permanente (APPs) das nascentes e dos cursos d'água, foi feito o mapeamento obedecendo os parâmetros do Novo Código Florestal, Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. O Novo Código Florestal determina a proteção das faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluindo os efêmeros, desde a borda do leito regular até uma faixa de 30 metros para cursos d'água com menos de 10 metros de largura. As outras métricas de APP de cursos d'água não foram discutidas nesta pesquisa, uma vez que, a partir das observações de campo, não foram identificados cursos d'água com largura superior a 10 metros na BHCB.

Outra modalidade de APPs estudada foram as nascentes, que, de acordo com o Novo Código Florestal, referem-se a todo local de afloramento natural, mesmo que intermitente, da água subterrânea que coincide com o início do curso d'água. Para o mapeamento das nascentes, foi utilizado *software* de geoprocessamento e, posteriormente, gerado um *buffer* de 30 metros de cada margem dos cursos d'água e outro *buffer* de 50 metros para as nascentes e olhos d'água.

Após a definição das APPs, foi feito o mapeamento de uso e cobertura do solo dessas áreas a partir da base do Mapbiomas de 2019, assim como também foram apresentados a quantificação da área e os percentuais para a BHCB, a fim de identificar as ocorrências de conflitos de uso.

### 3 CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DOS ASPECTOS GEOAMBIENTAIS DA BHCB

Neste capítulo são apresentados resultados da caracterização climática, morfométrica, pedológica e de uso e cobertura do solo da BHCB, seguidos de análise e discussão.

#### 3.1 Aspectos climáticos da BHCB

Os elementos climáticos compreendem uma importante variável nos estudos geoambientais, visto que apresentam-se conectados a outros fenômenos nos ecossistemas e, especialmente em bacias hidrográficas, determinando processos de dissecação do relevo; desenvolvimento vegetativo e dos solos; dinâmica hidrogeológica, que influencia na perenidade dos cursos d'água; dentre outros.

Segundo a classificação climática de Köppen (1948 apud ALVARES ET AL., 2013), o clima da bacia do Córrego Bagagem é do tipo Tropical Subúmido (Aw), com estação seca de inverno (maio a setembro), explicado pela existência de temperaturas médias mensais superiores a 20°C o ano todo (“A”), período seco de inverno (“w”) e amplitude térmica anual inferior a 5°C. Esse tipo climático cobre 25,8% do território brasileiro, sendo observado na região central do Brasil (ALVARES *et al.*, 2013).

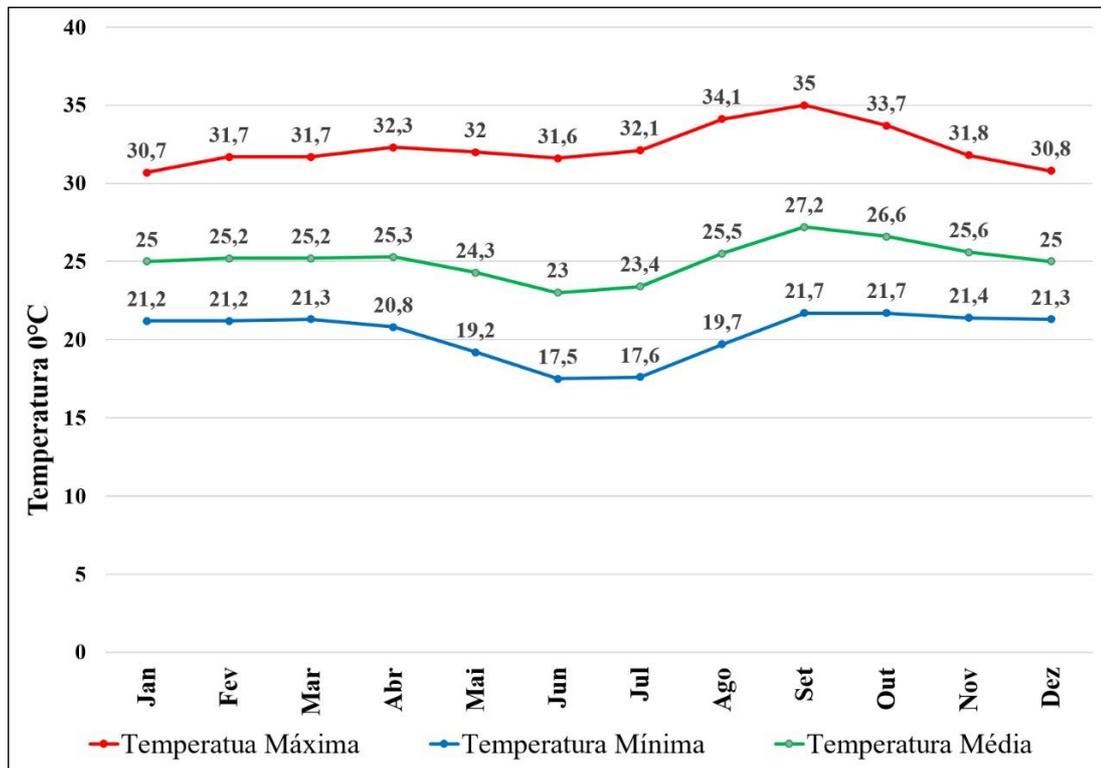
A tipologia de climas tropicais do tipo Aw condiciona duas estações bem definidas em relação à variação de precipitação, temperatura e umidade, sendo uma chuvosa e quente e outra seca e com temperaturas mais amenas, característica climática típica do bioma Cerrado. Além da concentração das chuvas em determinado período do ano, na região dos Cerrados também ocorrem as chamadas chuvas extremas, que podem atingir 30mm por hora ou mais. Essas chuvas são consideradas de alta intensidade e são potencializadoras de processos erosivos (ASSAD; ASSAD; EVANGELISTA, 1994).

##### 3.1.1 Temperatura do ar

A temperatura do ar apresenta um período diário de máximas e mínimas. Normalmente, as temperaturas máximas acontecem entre 14:00h e 15:00h e as mínimas antes do surgimento do Sol (VIANELLO, 1991). O Gráfico da Figura 9 apresenta as médias mensais da temperatura média, máxima e mínima para o período analisado (1981 a 2010).

Os meses de agosto, setembro e outubro registraram as maiores médias máximas, com 33°C, e junho e julho as menores médias mínimas, 16°C.

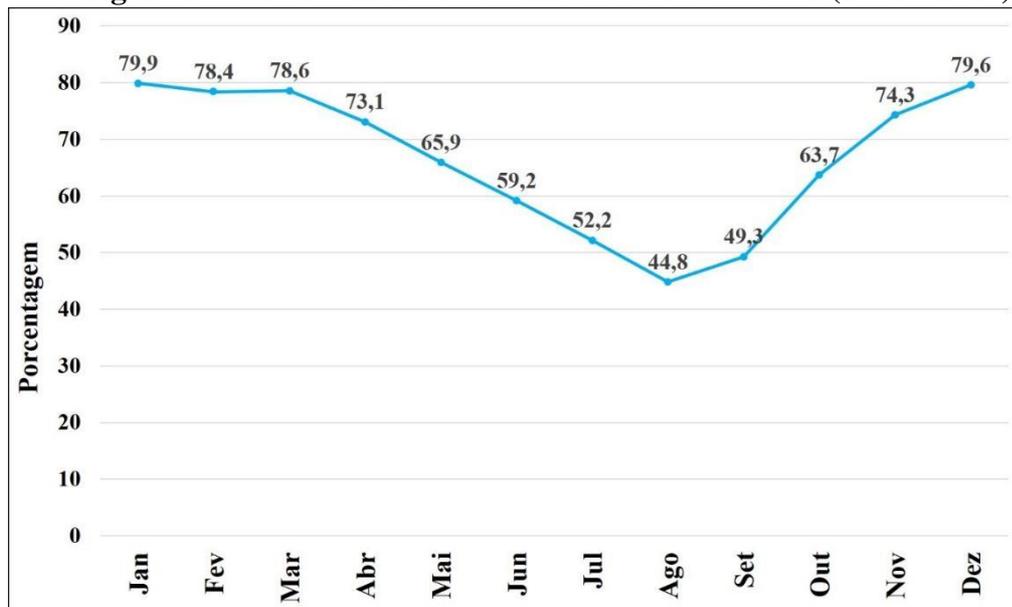
**Figura 9 - Médias mensais de temperatura máxima, mínima e média no município de Goiás (GO), no período de 1981 a 2010**



Fonte dos dados: INMET. Organização: própria autora.

### 3.1.2 Umidade relativa do ar

A umidade relativa do ar determina o percentual de quanto o ar está ou não próximo da saturação (VAREJÃO-SILVA, 2006). Na região da bacia hidrográfica do córrego Bagagem, a média anual de umidade relativa do ar é de 66,58%. No período mais úmido, os valores máximos médios registrados são de 79,9% e 79,6%, nos meses de janeiro e dezembro, respectivamente. Já no período seco, o destaque é para os meses de agosto e setembro, quando se registra média de 44,8% e 49,3%, respectivamente, como pode ser observado na Figura 10.

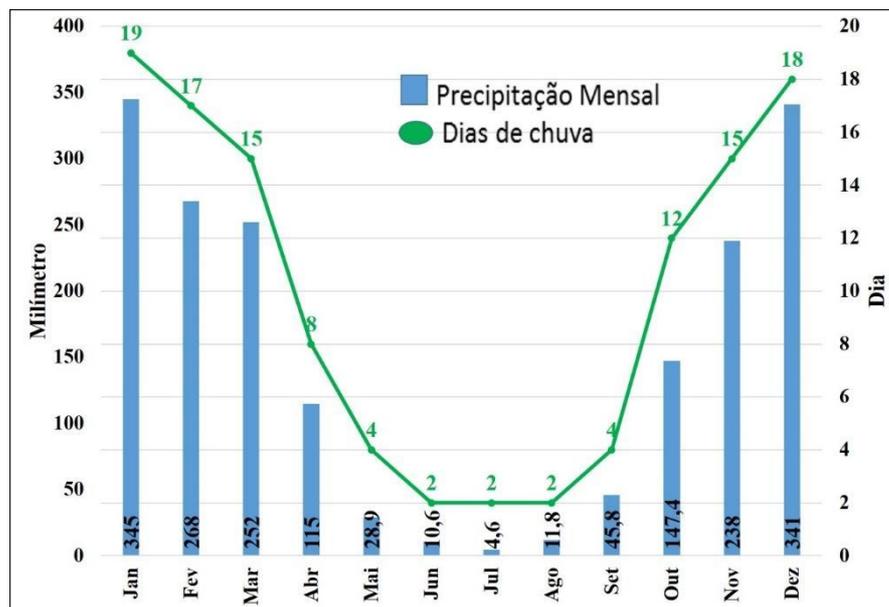
**Figura 10 - Médias mensais de umidade relativa do ar (1981 a 2010)**

Fonte dos dados: INMET. Organização: própria autora.

### 3.1.3 Precipitação pluvial

De acordo com a normal climatológica de 1981 a 2010, a média de precipitação anual para a área em estudo é de 1.808,1mm. A média de precipitação mensal é de 150,67mm. Pelo gráfico da Figura 11, observa-se que a estação chuvosa se estende de outubro a abril – perfazendo 7 meses e concentrando 94,33% do que chove anualmente. Nesse período, os meses de janeiro e dezembro se destacam com os maiores valores de precipitação mensal, 345mm e 341mm, respectivamente.

**Figura 11 - Médias mensais de precipitação e do número de dias de chuva (1984 a 2018)**



Fonte dos dados: INMET. Organização: própria autora.

O período com menores totais de precipitação pluviométrica são os meses de maio a setembro, cinco meses nos quais são registrados apenas 5,67% da precipitação anual (101,7mm). Durante o período de estiagem, o mês de julho é o que registra menor precipitação pluviométrica (4,6mm). O gráfico da Figura 11 também representa a quantidade média de dias com chuvas ao longo dos meses, indicando que os meses característicos do período chuvoso (outubro a abril) apresentam, em média, de 8 a 19 dias com chuvas ao longo do mês, conforme visto nos meses de abril e janeiro. Por sua vez, nos meses do período seco (maio a setembro) ocorrem de 2 a 4 dias com precipitação ao longo de todo o mês. Isso confirma o caráter irregular das chuvas, com forte sazonalidade, tendo em vista que o período chuvoso de sete meses soma 96 dias com precipitação, enquanto no período seco de cinco meses totalizam apenas 14 dias com chuvas.

### 3.1.4 Balanço Hídrico Climatológico

No Quadro 4, pode ser observado que, tendo por referência a média de precipitação anual de 1.808,1mm, e a média de temperatura mensal de 24°C, a evapotranspiração na área em estudo é de 1.906,2mm. Em termos médios, o excedente hídrico anual é de 613,8mm, tendo em vista o déficit de 711,9mm. O excedente é verificado nos meses de novembro a março. O mês

de novembro representa o período de início do armazenamento de água do solo, com excedente de 59,9mm, e o mês de abril representa o início do déficit hídrico, com 24,6mm.

**Quadro 4 - Balanço hídrico climatológico mensal do município de Goiás (GO) – período de 1981 a 2010**

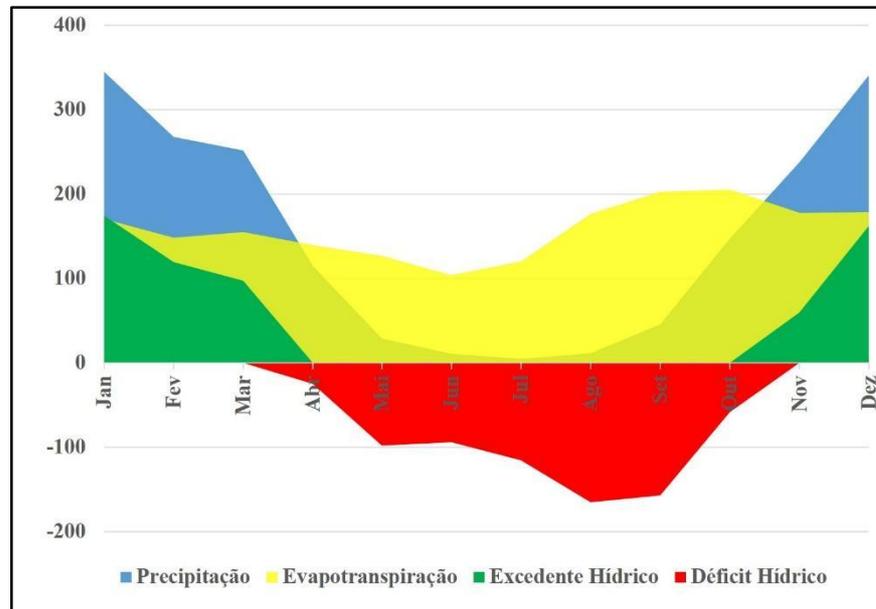
Mês	Temperatura média do ar (°C)	Precipitação (mm)	Evapotranspiração (mm)	Excedente Hídrico (mm)	Déficit Hídrico (mm)
Janeiro	24	345	170,3	174,7	00
Fevereiro	24	268	148,6	119,4	00
Março	24	252	154,9	97,1	00
Abril	24	115	139,6	00	24,6
Maio	24	28,9	126,7	00	97,8
Junho	22	10,6	104,2	00	93,6
Julho	22	4,6	120,1	00	115,5
Agosto	24	11,8	176,7	00	164,9
Setembro	24	45,8	203	00	157,2
Outubro	26	147,4	205,7	00	58,3
Novembro	26	238	178,1	59,9	00
Dezembro	24	341	178,3	162,7	00
<b>MÉDIA ANUAL</b>	24	<b>1.808,1</b>	<b>1.906,2</b>	<b>613,8</b>	<b>711,9</b>
<b>MÉDIA MENSAL</b>	24	<b>150,67</b>	<b>158,85</b>	<b>51,15</b>	<b>59,32</b>

Fonte dos dados: INMET. Organização: própria da autora.

O gráfico da Figura 12 demonstra que o excedente hídrico é verificado nos meses de novembro a março. O mês de novembro representa o período de início do armazenamento de água do solo, com excedente de 59,9mm, sendo os meses de dezembro e janeiro que apresentam o maior excedente de água no solo, 162,7mm e 174,7mm, respectivamente. O mês de abril apresenta o início do déficit hídrico para a área estudada, com 24,6mm (de déficit), perdurando o período de déficit hídrico até outubro. A criticidade de deficiência hídrica no solo se dá nos

meses de agosto e setembro, momento em que se registra déficit de 164,9mm e 157,2mm, respectivamente.

**Figura 12 - Resumo do balanço hídrico climatológico mensal (1981 a 2010)**



Fonte dos dados: INMET. Organização: própria autora.

Para a interpretação dos dados do balanço hídrico climatológico, pode-se deduzir que as primeiras chuvas não colaboram com o armazenamento de água no sistema, pois percebe-se maiores perdas de umidade para a atmosfera. Essa constatação pode ser observada no Quadro 4, com valor da média de evaporação no mês de outubro (205,7mm), que é maior que os meses de setembro (203mm) e novembro (178,1mm).

### 3.1.5 Variabilidade anual e distribuição mensal das chuvas no município de Goiás (GO)

O pluviograma da Figura 13 aponta para o município de Goiás totais anuais de precipitação variando entre 1.321mm (no ano de 2015) e 2.425,70mm (em 1992) – o que representa uma diferença de 1.104,7mm entre o ano mais chuvoso e o mais seco. Levando em consideração os valores mensais de precipitação e a respectiva faixa de distribuição percentual de cada mês, ao longo dos anos, pode-se considerar que o período chuvoso normalmente inicia-se no mês de outubro e encerra-se no mês de abril – caracterizando um período chuvoso de sete meses e o período seco de cinco meses (maio a setembro). No entanto, é notório observar que o início do período chuvoso apresenta diferença ao longo dos anos analisados, ou seja, o início

das chuvas pode ser antecipado para o mês de setembro ou retardada para o mês de novembro. Essa diferença também ocorreu com o término e, em consequência, com a extensão do período chuvoso.

**Figura 13 - Pluviograma dos acumulados anuais e mensais e distribuição proporcional da precipitação para Goiás (GO), período de 1961 a 2016**

Anos/Meses	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total Anual
1961	560,8	184,0	134,9	77,4	17,4	0,0	0,0	5,2	0,0	137,4	364,0	413,4	1894,50
1966	484,6	518,4	339,2	10,8	42,0	0,0	0,0	0,0	1,0	115,0	108,0	430,0	2049,70
1969	299,8	273,2	206,6	35,1	147,0	0,0	0,0	0,0	0,0	130,2	409,4	293,8	1795,10
1970	321,6	179,3	218,2	134,0	16,4	0,0	0,0	3,0	63,8	109,4	292,0	289,5	1627,20
1971	140,8	184,0	139,7	84,6	23,6	0,0	0,0	0,0	8,6	261,3	333,6	276,0	1453,00
1972	124,1	274,0	134,3	58,0	33,2	0,0	10,6	35,6	17,3	129,6	213,4	429,0	1459,50
1973	179,4	309,4	308,4	90,0	15,3	0,0	0,0	0,0	14,4	137,2	217,1	174,7	1445,90
1974	267,5	109,3	306,6	164,8	2,8	0,0	0,0	2,6	60,8	135,6	129,6	382,0	1562,40
1975	171,9	246,8	212,0	219,3	34,0	6,4	0,0	0,0	19,4	100,8	242,0	152,4	1405,00
1976	159,9	336,0	246,5	29,3	115,6	0,0	0,0	0,7	105,5	258,9	347,4	256,4	1856,20
1977	565,1	212,0	122,4	87,5	117,5	11,9	0,0	1,0	92,0	103,8	199,1	202,3	1714,60
1978	340,0	225,3	249,4	161,0	22,8	0,0	26,0	0,0	18,0	154,6	354,1	407,4	1958,60
1980	374,4	612,3	117,7	100,9	6,5	9,2	0,0	0,5	38,2	46,3	233,4	281,3	1821,30
1981	319,4	84,8	580,5	102,3	101,6	35,2	0,0	0,0	21,0	296,6	288,5	201,8	2031,80
1982	576,1	246,8	340,4	73,5	76,3	0,0	0,1	42,7	92,1	184,4	175,8	271,0	2079,20
1983	585,4	314,7	185,1	154,4	53,7	2,7	18,3	0,0	28,8	167,3	298,7	333,0	2144,00
1984	190,5	148,0	320,1	113,5	40,0	0,0	0,0	32,1	95,4	147,5	206,3	215,4	1508,80
1985	914,9	228,0	226,1	115,4	26,5	0,0	2,3	7,6	81,2	129,9	154,9	397,0	2284,10
1986	279,4	174,5	205,7	52,6	27,3	0,0	4,2	58,7	45,1	150,5	166,6	360,8	1625,40
1987	187,4	221,4	346,7	172,3	24,9	0,0	0,0	1,4	34,7	136,4	319,6	483,4	1928,20
1988	273,5	457,0	238,8	154,1	16,3	42,9	0,0	0,0	0,0	184,4	227,9	286,0	1881,00
1989	357,1	243,9	263,5	57,8	0,9	31,8	38,4	25,7	19,6	263,1	221,6	595,0	2118,50
1990	260,2	219,4	145,5	227,7	60,8	0,0	2,9	18,7	58,6	156,5	163,4	270,0	1684,30
1991	437,6	218,8	433,1	194,7	0,0	0,0	0,0	0,0	36,7	201,8	94,9	329,0	1946,60
1992	571,5	402,1	220,1	246,7	58,4	0,0	0,0	1,0	36,8	265,6	301,4	322,0	2425,70
1995	344,5	390,2	197,3	120,9	31,1	0,7	0,0	0,0	50,6	96,5	169,0	580,2	1983,00
1996	178,1	307,5	204,4	176,4	8,4	1,8	1,2	8,8	31,5	100,1	440,9	522,0	1981,20
1997	357,6	276,2	290,3	128,1	104,8	110,6	0,0	0,0	70,5	80,9	109,4	285,9	1815,30
1998	234,4	262,4	107,1	171,6	23,4	1,1	1,6	5,8	31,5	100,4	265,2	284,2	1488,70
1999	349,5	245,1	283,4	48,8	4,1	0,0	0,0	0,0	30,7	216,7	232,0	367,0	1777,40
2000	381,4	310,9	217,6	37,2	3,4	0,0	19,1	49,7	99,9	25,6	327,6	396,6	1869,00
2001	202,6	134,3	255,0	34,2	66,5	9,2	0,0	6,9	94,3	184,0	439,6	346,7	1773,30
2002	331,1	232,0	120,9	38,5	9,7	0,0	0,3	0,0	29,0	51,7	179,9	216,7	1209,80
2003	427,8	303,5	264,2	127,3	3,3	0,0	0,0	3,9	19,7	86,9	148,6	235,5	1620,20
2004	324,0	396,3	194,3	37,3	25,5	0,0	8,3	0,0	33,7	151,0	255,2	189,1	1614,70
2005	533,2	241,6	273,8	46,9	22,7	29,2	0,0	5,2	60,6	69,6	318,1	399,2	2000,10
2006	208,9	249,3	270,9	127,9	0,2	0,0	0,0	1,0	55,2	331,0	212,8	283,5	1740,70
2007	233,6	451,7	170,7	125,2	1,2	1,2	5,5	0,0	0,0	72,6	81,8	208,1	1351,60
2008	328,4	311,6	294,3	165,1	12,7	0,0	21,3	0,6	37,7	77,5	227,3	453,0	1929,60
2009	281,5	266,4	405,8	183,4	20,3	16,0	0,6	27,2	100,3	253,8	227,9	555,3	2338,50
2010	120,2	160,4	197,1	80,9	0,0	3,5	2,6	0,0	1,1	151,5	254,5	244,4	1216,20
2011	512,1	105,7	383,5	67,9	0,0	36,0	0,0	0,0	6,9	219,3	288,2	322,0	1941,60
2012	549,7	248,4	143,7	73,9	10,7	42,5	0,2	0,0	12,4	21,6	285,0	140,8	1528,90
2013	376,3	117,9	131,0	99,4	29,1	8,3	0,0	0,0	26,9	144,9	232,0	315,5	1481,30
2014	223,6	232,6	257,6	74,3	0,4	1,1	0,6	0,0	38,8	66,4	256,3	227,5	1379,20
2015	153,1	442,3	252,4	74,4	70,7	0,0	2,0	4,4	25,8	65,0	81,8	148,5	1321,00
2016	461,6	126,3	180,3	0,0	1,2	0,0	0,0	47,4	64,5	117,7	288,9	129,6	1417,50

LEGENDA: <2% 2 a 3,9% 4,0 a 8,2 8,3 a 12,4 12,5 a 25% >25% mês mais seco/chuvoso

Fonte dos dados: INMET. Organização: Nascimento (2020).

De acordo com o pluviograma (Figura 13), pode-se destacar os anos de 1977 e 1997, nos quais o período de chuvas se estendeu. No caso de 1977, as chuvas ocorreram até o mês de maio e retornaram no mês de setembro. Já no ano de 1997, as chuvas ocorreram até o mês de junho, retornando no mês de outubro. Isso significa que houve redução do período de estiagem

de cinco para apenas três meses e, conseqüentemente, o aumento de sete para nove meses o período chuvoso.

Outra observação importante refere-se aos anos em que se apresentaram somente seis meses chuvosos e seis meses secos, são eles: 1966, 1980, 1986, 1989, 1999, 2000, 2002, 2004, 2011 e 2012, sendo que na maioria desses anos as chuvas ocorreram até o mês de março e retornaram no mês de outubro. As exceções foram os anos de 1980 e 2006, em que as chuvas estenderam até o mês de abril e retornaram em novembro. Já em 2000, as chuvas ocorreram até o mês de março, retornaram em setembro, não apresentou-se precipitação no mês de outubro e retornou no mês seguinte. Ainda pode-se observar alguns anos em que ocorreram oito meses de período chuvoso e quatro meses de período de seca: 1976, 1981, 1984, 2009 e 2015.

### **3.2 Aspectos morfométricos**

No Quadro 5, a seguir, são apresentados os resultados dos parâmetros morfométricos (características geométricas, da rede de drenagem e do relevo) da BHCB. Esses parâmetros são importantes indicadores de análise quantitativa das interações entre a fisiografia e a sua dinâmica hidrológica (FARIA *et al.*, 2009). Já Lindner *et al.* (2007) assegura que são importantes estimativas para a prevenção de eventos hidrometeorológicos, como enchentes e estiagens. Os índices podem também serem utilizados para apresentar áreas de maior suscetibilidade a processos erosivos, desempenhando mecanismos importantes para o aproveitamento dos recursos hídricos e planejamento e gestão territorial. Em resumo, os parâmetros morfométricos são importantes para verificar a vulnerabilidade da bacia e do sistema de drenagem, podendo ser utilizados como subsídios para o manejo dos solos, identificação de áreas vulneráveis a enchentes, erosões dos solos, assoreamento dos cursos d'água, que, por sua vez, possuem implicações sobre a hidrologia e a geomorfologia das bacias.

**Quadro 5 - Características Morfométricas da BHCB (Goiás – GO)**

<b>Características Morfométricas</b>	<b>Variáveis</b>	<b>Resultado</b>
Características geométricas	Área (A)	98,7km <sup>2</sup>
	Perímetro (P)	48,36km
	Fator de forma (Ff ou Kf)	0,4
	Índice de circularidade (Ic)	0,53
	Coeficiente de compacidade (Kc)	1,36
	Índice de rugosidade	1.030,16
	Comprimento da bacia (L)	15,7km
	Largura da bacia	10km
Características da rede de drenagem	Comprimento do curso d'água principal	13,93km
	Comprimento total dos cursos d'água	161,8km
	Extensão das drenagens ou total de cursos d'água	347km
	Padrão de drenagem	Dendrítico
	Densidade dos rios (Dr)	3,51 Cursos/km <sup>2</sup>
	Densidade de drenagem (Dd)	1,63km/km <sup>2</sup>
	Ordem dos cursos d'água	5ª ordem
	Altitude inicial do curso principal	800m
	Altitude final do curso principal	422m
	Altitude média da bacia	378m
	Coeficiente de manutenção (Cm)	613,5m <sup>2</sup> /m
	Tempo de concentração (Tc)	3,02h
A extensão média de escoamento (l)	0,15 km	
Características do relevo	Orientação	SE-NO
	Declividade mínima	0
	Declividade máxima	100%
	Declividade média da bacia	15,71%
	Altitude mínima	422m
	Altitude máxima	1.054m
	Altitude média	620,31m
	Amplitude altimétrica	632m
	Índice de sinuosidade (Is)	632m
	Relação do relevo (Rr)	24,07%
	Gradiente de canais (Gc)	0,89
Curvatura do relevo	45,37m/km	

Fonte: Elaborado pela autora.

### 3.2.1. Análise das características geométricas da BHCB

A bacia apresenta uma área de 98,7km<sup>2</sup>, perímetro de 48,36km e pode ser classificada, segundo Villela e Mattos (1975), de forma entre ovalada e oblonga, confirmada pelo Kc alto (1,36) e pelos valores de Ff (0,4). Devido a esses resultados, pode-se inferir que a bacia manifesta tendência baixa a mediana a enchentes, ou seja, não acontecendo eventos de

intensidades anormais de precipitação, é pouco susceptível a enchentes. Por sua vez, o Fator forma é usado para prever a intensidade do fluxo de uma bacia hidrográfica (GREGORY; WALLING, 1973; MAGESH *et al.*, 2012).

O Índice de Circularidade é outro parâmetro utilizado para estudar a forma de uma bacia hidrográfica. Segundo Schumm (1956), valores maiores que 0,51 mostram que a bacia tende a ser mais circular, favorecendo os processos de inundação em picos de cheias; já os valores menores que 0,51 sugerem que a bacia tende a ser mais alongada contribuindo para o processo de escoamento. No caso da bacia em estudo (0,53), apresenta-se um valor muito próximo à linha divisória entre a tendência de uma forma circular ou alongada (0,51), o que pode ser reforçado pela tendência baixa a mediana a enchentes, dos valores do Kc e do Ff.

O comprimento da bacia equivale a 15,7 km e a largura máxima aproximada é de 10 km, em sentido Sudeste/Noroeste, revelando o seu alongamento como uma característica peculiar do tempo de percurso da água e a boa capacidade para recarga de águas subterrâneas, o que não ocorre em bacias curtas (BAJABAA; MASOUD; AMRI, 2014).

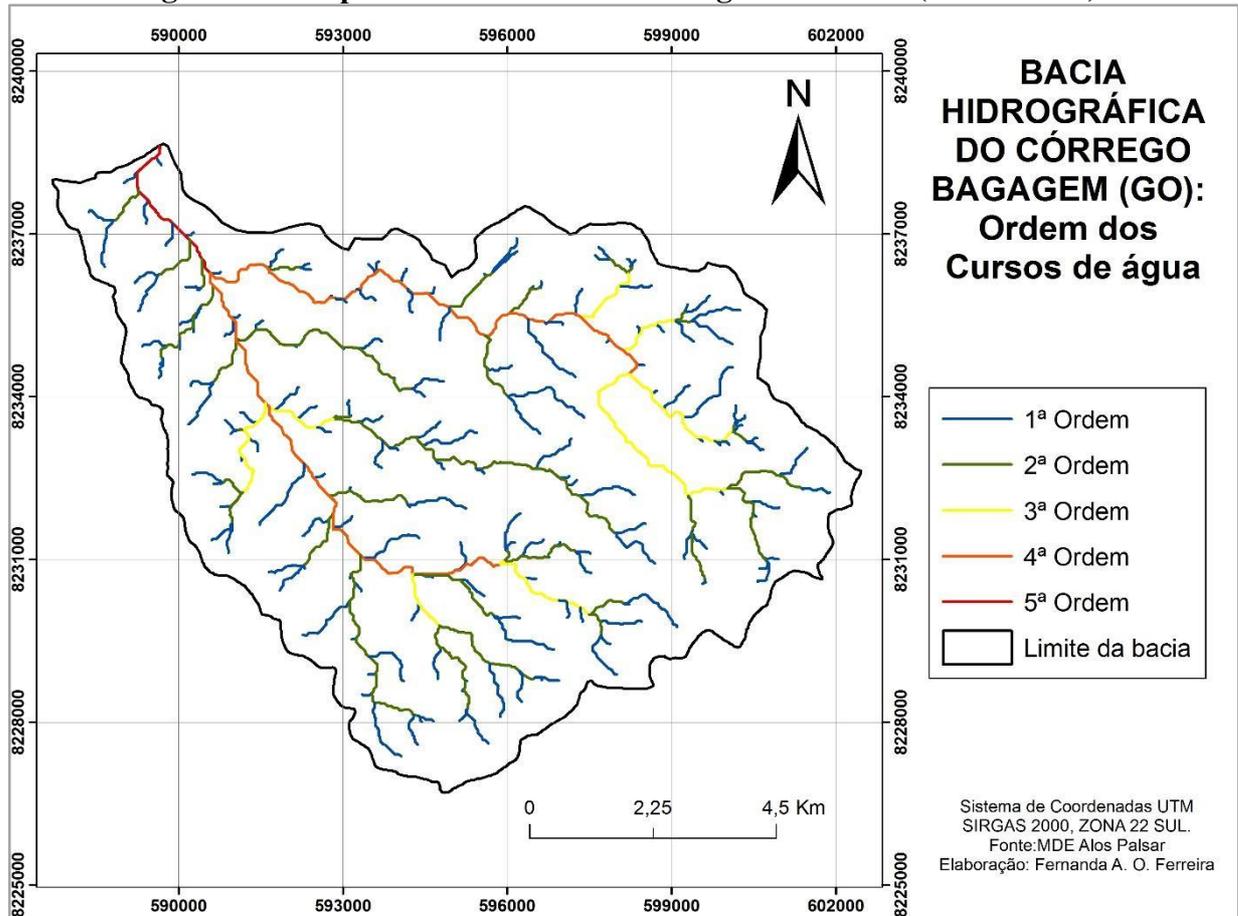
O índice de rugosidade (Ir) relaciona a disponibilidade do escoamento hídrico superficial com seu potencial erosivo, expresso pela declividade média. A rugosidade do terreno auxilia a diminuir ou mesmo barrar o fluxo de água superficial. As depressões na superfície e os obstáculos formados retêm por certo tempo o fluxo, que passará a ocorrer após o transbordamento (GUERRA, 1999). A BHCB apresentou (Ir) de 1.030,16; quanto maior este índice, maior o risco de degradação da bacia quando as vertentes são íngremes e longas. Segundo Trajano *et al.* (2012), trata-se de um índice adimensional que corresponde à diferença altimétrica entre a foz e a maior altitude situada em um determinado ponto da área da bacia, o que indica o desnível médio da bacia.

### 3.2.2 Análise das características da rede de drenagem da BHCB

Na classificação proposta por Villela e Matos (1975), Beltrame (1994) e Tonello *et al.*, (2006), o índice da densidade de drenagem pode variar de 0,5 km/km<sup>2</sup>, em bacias com drenagem pobre, a 3,5km/km<sup>2</sup> ou mais, nas bacias excepcionalmente bem drenadas. De acordo com este parâmetro, a BHCB possui uma densidade de drenagem Médiana por se posicionar no intervalo entre 0,5 e 2 (1,63). Quanto à densidade dos rios, a BHCB se enquadra na classe muito alta, por apresentar valor superior a 3 (3,51 canais por km<sup>2</sup>).

A BHCB possui um padrão de drenagem dendrítico de quinta ordem e o comprimento total dos cursos d'água é de 161,8 km, enquanto que o curso d'água principal possui 13,9 km. A Figura 14 e a Tabela 1 apresentam as definições e o percentual das ordens dos cursos d'água. Os cursos de primeira ordem representam quase 50% (174 cursos, do total de 347) e 76,6 km de extensão.

**Figura 14 - Mapa da ordem dos cursos d'água da BHCB (Goiás – GO)**



Fonte dos dados: MDE Alos Palsar. Organização: própria autora.

**Tabela 1 - Comprimento das ordens dos cursos d'água da BHCB (Goiás – GO)**

Ordem	Segmentos Fluviais	Comprimento (km)	%
1ª	174	76,6	47,35
2ª	92	45,5	28,12
3ª	30	16,7	10,32
4ª	42	19,8	12,23
5ª	9	3,2	1,97
<b>Total</b>	<b>347</b>	<b>161,8</b>	<b>100</b>

Fonte dos dados: MDE Alos Palsar. Organização: própria autora.

A drenagem total da bacia corresponde a 161,8 km, distribuídos em 347 cursos d'água, em cinco ordens (Tabela 1). A drenagem possui ramificação do tipo dendrítica e retilínea, já que o índice de sinuosidade é de 0,89, menor que 1,05, parâmetro proposto por Riccomini *et al.* (2009) para pequena capacidade de acúmulo de sedimentos. Quanto maior a ramificação da drenagem da bacia, mais eficiente pode ser considerado o seu sistema de drenagem e escoamento máximo (STRAHLER, 1957).

A altitude inicial do curso principal da bacia é de aproximadamente de 800m, e a final de 422m (exutório), representando um desnível ou altitude média da bacia de 378m. Quanto maior a variação nos valores de altitude, mais evidente será a presença de relevo montanhoso, o que, conseqüentemente, influenciará no escoamento da bacia (VILLELA; MATTOS, 1975). O tempo de concentração da água na bacia ou o tempo que a água leva para percorrer desde o ponto mais distante da bacia até o exutório é de 3,02 horas.

O coeficiente de manutenção ( $C_m$ ) da bacia hidrográfica é de 613,  $5m^2/m$ , que é um valor classificado como alto. Ou seja, nessa bacia, é necessária uma área de  $613,5m^2$  para manter ativo um metro de canal fluvial. Para Schumm (1956), o coeficiente de manutenção se refere ao balanço hídrico da bacia e indica a área mínima necessária para a manutenção de 1m de canal de escoamento.

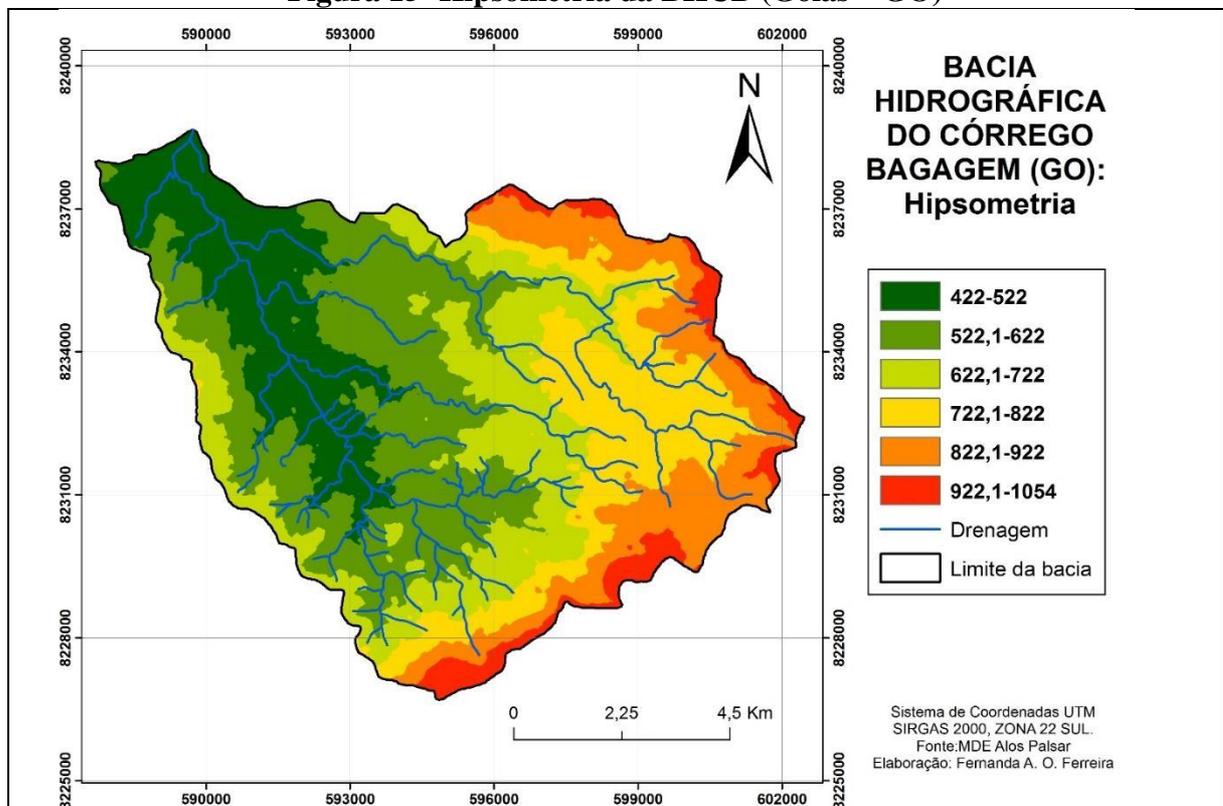
A extensão média de escoamento da BHCB é de 0,15 km, isso significa que a extensão média do escoamento superficial em linha reta é de 150m, valor considerado baixo. Extensão de escoamento baixo pode provocar alagamentos em dias de chuva intensas, em função da menor capacidade de infiltração da água no solo. Em estudo de Rodrigues *et al.* (2015), verificou-se que o coeficiente de escoamento superficial é baixo na presença da vegetação, fato que resulta em maior infiltração e melhor regularidade da vazão, já a erosão e os sedimentos carregados aumentam nos solos desprotegidos, alterando a dinâmica da água no solo.

### 3.2.3. Análise das características do relevo da BHCB

O mapa hipsométrico da BHCB disposto na Figura 15 representa o comportamento espacial das altitudes, isto é, o modelo digital de elevação (MDE) da bacia hidrográfica do Córrego Bagagem. A altitude mínima é de 422m e a altitude máxima de 1.054m, apresentando amplitude altimétrica de 632m e média de 620,31m, o que demonstra ser muito alta. O mapa hipsométrico (Figura 15) foi elaborado com fatiamento do relevo, com intervalos de 100 metros e a Tabela 3 especifica a porcentagem e os quilômetros quadrados de cada classe.

Em função da disposição topográfica, as drenagens seguem no sentido Sudeste-Noroeste e as maiores elevações (960 - 1.054) ocorrem em relevos dobrados e altamente dissecados, com ocorrência predominante de quartzitos. As maiores elevações, que ocorrem na porção Sudeste-Sul da bacia, compreendem o *front* da Serra Dourada, uma formação geomorfológica denominada de *Hogback*. A maior parte da bacia apresenta elevações entre 480m a 720m, ou seja, quase 70% da área (69 km<sup>2</sup>); 21,5% da área da bacia (21,22 km<sup>2</sup>) possui altitudes iguais ou superiores a 720,1m; e apenas 8.59% da área da bacia (8,48 Km<sup>2</sup>) apresenta altitude entre 422 e 480m. A altitude média é de 620,31m.

**Figura 15- Hipsometria da BHCB (Goiás – GO)**



Fonte dos dados: MDE Alos Palsar. Organização: própria autora.

**Tabela 2 - Quantificação das áreas hipsométricas da BHCB (Goiás –GO)**

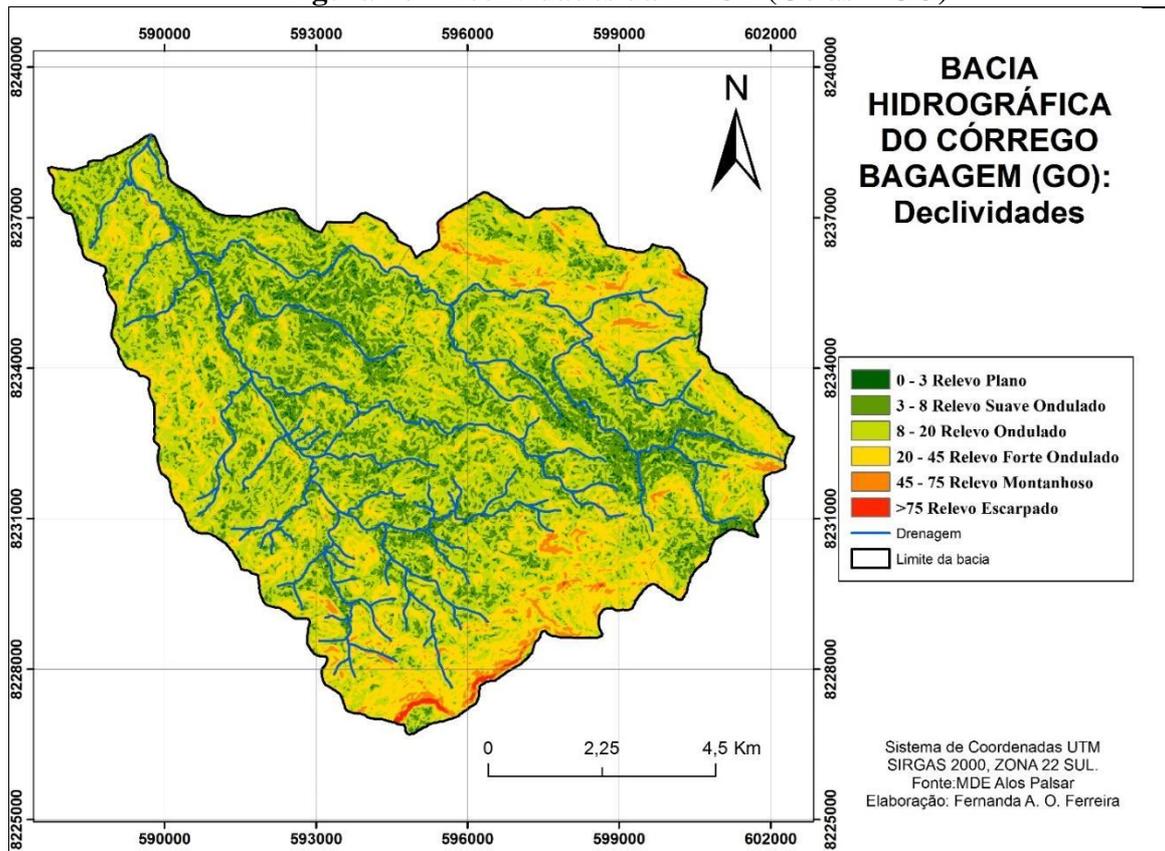
Hipsometria (m)	Área (%)	Área (km <sup>2</sup> )
422 - 522	17,73	17,50
522,1 - 622	27,65	27,30
622,1 - 722	20,42	20,15
722,1 - 822	16,40	16,18
822,1 - 922	13,13	12,95
922,1 - 1054	4,67	4,60
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>98,7</b>

Fonte dos dados: MDE Alos Palsar. Organização: própria autora.

Ressalta-se que o relevo exerce influência no perfil do solo, nas relações de precipitação e deflúvio, devido à velocidade do escoamento superficial, nas taxas de infiltração e no tempo de concentração. O conhecimento da hipsometria associado a estimativas de escoamento superficial da água pode levar a identificação de áreas de maior produção relativa de sedimentos e no estudo relacionado ao assoreamento de reservatórios superficiais em uma bacia. Tais processos estão relacionados a fenômenos de erosão em área de drenagem.

O mapa das declividades (Figura 16) representa o comportamento espacial das declividades, ou seja, o percentual de inclinação das vertentes da BHCB. Pela análise da curva de distribuição das declividades (Tabela 3), observa-se que o intervalo entre 8,1% e 20%, que se refere a relevos ondulados, compreende cerca de 46,74% (46,13 km<sup>2</sup>) da bacia, sendo 23,44% (23,13 km<sup>2</sup>) classificado como suave - ondulado (classes de declividades entre 3 e 8%) e 24,16% (23,84 km<sup>2</sup>) classificado como forte-ondulado, entre as classes 20,1 e 45%.

**Figura 16 - Declividades da BHCB (Goiás – GO)**



Fonte dos dados: MDE Alos Palsar. Organização: própria autora.

**Tabela 3 - Classes de declividade da BHCB (Goiás-GO)**

<b>Formas de relevo</b>	<b>Intervalo (%)</b>	<b>Área (%)</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>
Plano	0 - 3	3,48	3,43
Suave ondulado	3,1 - 8	23,44	23,13
Ondulado	8,1 - 20	46,74	46,13
Forte ondulado	20,1 - 45	24,16	23,84
Montanhoso	45,1 – 75	1,97	1,94
Escarpado	>75	0,21	0,20
<b>Total</b>	-	<b>100</b>	<b>98,7</b>

**Fonte dos dados: MDE Alos Palsar. Organização: própria autora.**

Constata-se que 94,34% da área da bacia (98,7 km<sup>2</sup>) possui classes de declividades entre 3,1 e 45%. Como as áreas com declividade acima de 45% - que representa 2,14 km<sup>2</sup> da área total da bacia – são consideradas áreas de preservação, se faz necessário o uso de medidas de controle e prevenção para evitar danos ambientais. Resta, então, apenas 3,48% (3,43 km<sup>2</sup>) classificado como plana (classe de declividades entre 0 e 3%). A declividade média encontrada foi de 15,22%, sendo, assim, condizente com o relevo ondulado predominante da bacia. Dessa forma, afirma-se que as classes de declividades entre 3,1 e 45% (suave-ondulado a forte-ondulado) são predominantes (Tabela 3 e Figura 16).

A BHCB apresenta predomínio de relevo ondulado, com relevos forte ondulados, principalmente nas porções sul, sudeste e leste, próximo aos divisores de água, que apresentam relevos dobrados. As áreas planas, com declividades entre 0% a 3%, se encontram predominantemente próximo à calha das drenagens e próximo ao exutório da bacia.

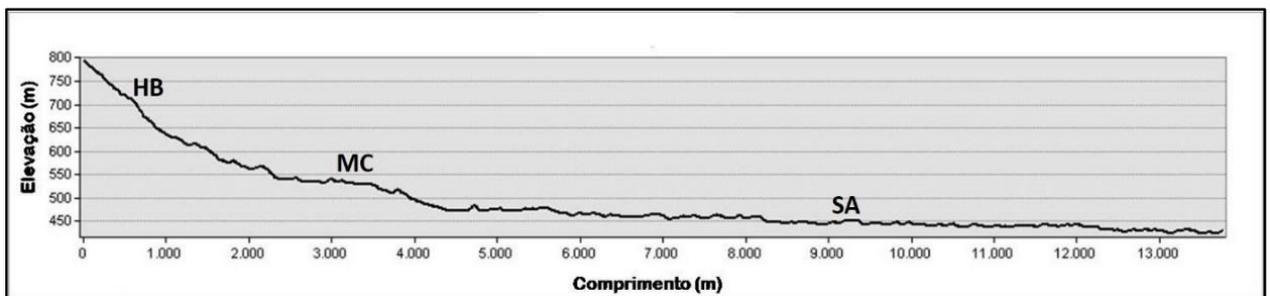
As declividades influenciam na velocidade do escoamento da água sobre o solo e afeta a capacidade de armazenamento, portanto, importante em estudos relacionados à erosão dos solos. Quanto maior a declividade da bacia, associada à ausência de cobertura vegetal, ao tipo de solo, à intensidade de chuvas, entre outros fatores, menor será a capacidade de armazenamento superficial, o que amplia a susceptibilidade a enchentes e processos erosivos (PRUSKI, 2006).

As maiores declividades da bacia estão próximas aos divisores de água e estão associadas a relevos dobrados e altamente dissecados, como *Hogback*, Morros e Colinas. O escoamento superficial, segundo Marchini *et al.* (2015) afeta diretamente regiões com alta declividade, decorrente da velocidade de fluxo da água. O mapa de declividades possibilita o conhecimento das inclinações do relevo, que, por sua vez, por meio do estudo das inclinações, auxilia na compreensão da dinâmica da morfogênese/pedogênese e a sua relação com a formação e fragilidades do solo. Essa variável ambiental auxilia no cumprimento da legislação,

no manejo e gestão dos recursos hídricos, no planejamento adequado do uso do solo e na aplicação de medidas conservacionistas (MAGESH *et al.*, 2013).

O perfil longitudinal da bacia foi traçado dentro do vale do curso principal (Figura 17) e apresenta a variação topográfica no transcurso do córrego Bagagem da nascente ao exutório. O curso principal possui uma extensão de 13,93 km, suas nascentes afloram numa altitude aproximada de 800m e tem seu exutório numa elevação de 422m. As nascentes estão na base (talus) do *front* da Serra Dourada (*hogback* - HB), a partir desse trecho, o curso atravessa uma área de Morros e Colinas (MC), com forte dissecação, até alcançar uma extensa superfície de aplainamento (SA) (GOIÁS, 2006a).

**Figura 17 - Perfil longitudinal do curso principal da BHCB e aspectos geomorfológicos (Goiás – GO)**

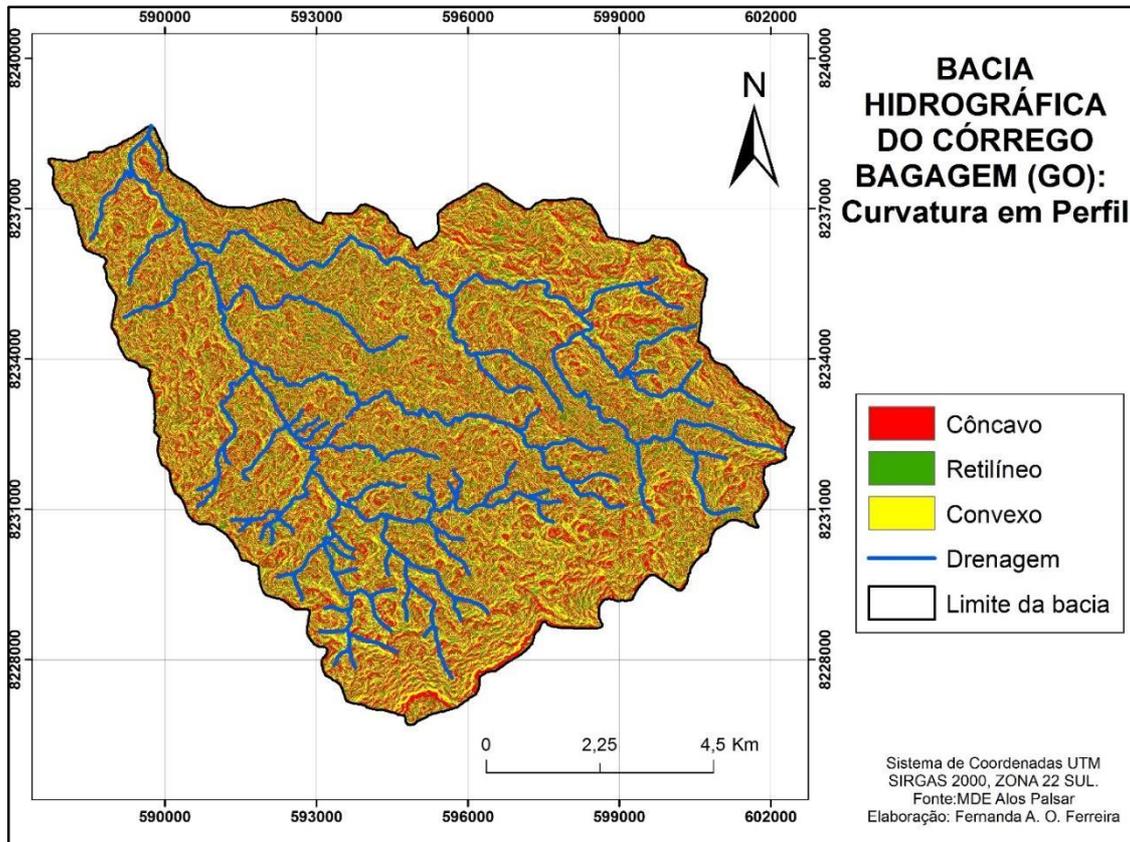


Fonte: Modelo Digital de Elevação - Alos Palsar/2011. Observação: calculado em ambiente SIG.

O Gradiente de Canais da BHCB foi de 2,71% e a Relação de Relevo de 45,37 m/km. Para Lana (2001), canais que apresentam valores médios de 0,90% tendem a possuir baixa declividade. Portanto, os altos valores de Gradiente dos Canais da bacia e a Relação de Relevo demonstram alta declividade do canal principal, o que caracteriza rápida velocidade de escoamento superficial e, conseqüentemente, grande capacidade de gerar erosão fluvial. Como este valor representa uma média, isto não pode se empregar em todos os trechos, como pode ser observado na Figura 17, que mostra o perfil longitudinal do curso principal da BHCB e os aspectos geomorfológicos da região.

O mapa da Figura 18 apresenta a espacialização da curvatura em perfil para a BHCB. Nas vertentes convexas, ocorre fluxo acelerado, sendo que inicia com menores velocidades, acelerando vertente abaixo e esta classe representa 38,25% da área da bacia (Tabela 4). Nas vertentes côncavas (36,20%), o fluxo também é acelerado em todo o segmento topográfico que indica áreas de potencial de erosão. Em 25,59% da área, apresentam-se superfícies retilíneas.

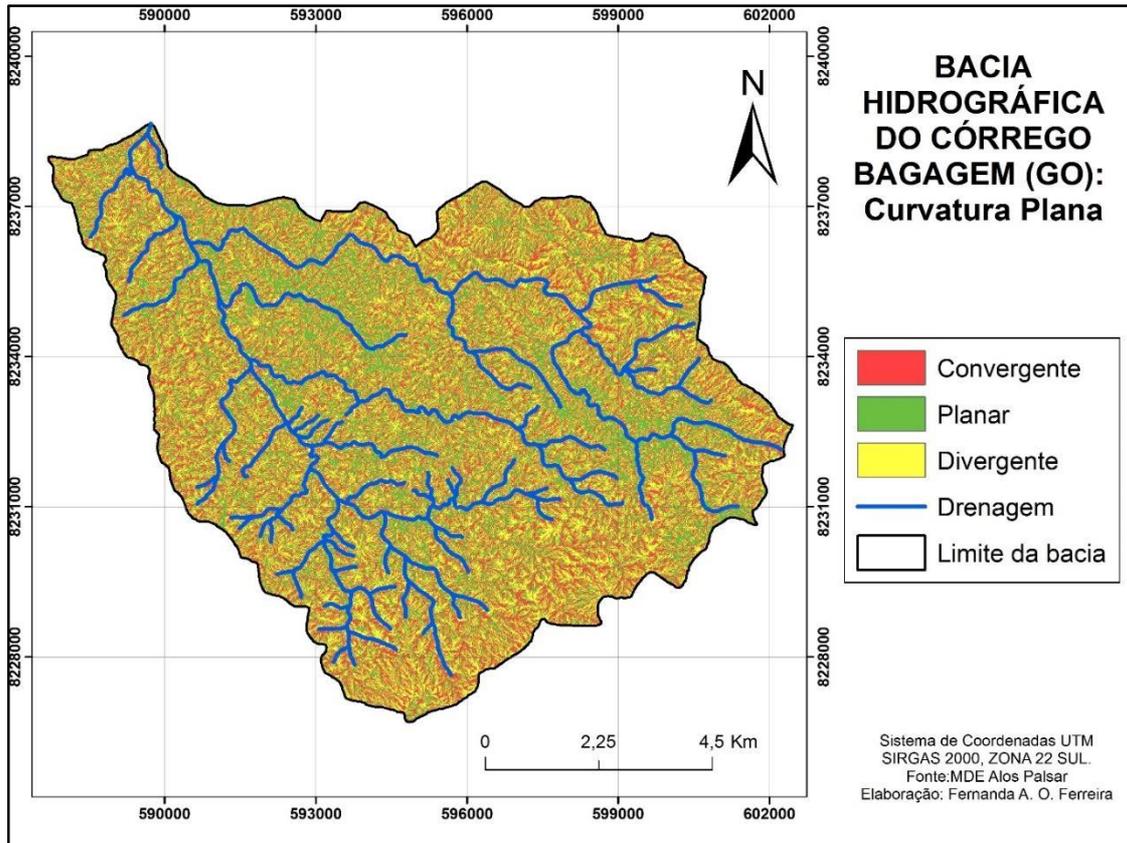
**Figura 18 - Mapa de curvatura de perfil da BHCB (Goiás – GO)**



**Fonte dos dados: MDE Alos Palsar. Organização: própria autora.**

Na Figura 19, temos a espacialização da curvatura plana da bacia. A representação do relevo em curvatura plana refere-se à convergência e à divergência do fluxo da água em uma vertente. Na BHCB, foram encontrados valores que indicam que a superfície é divergente em 34,13% da área (Tabela 4), condição esta que provoca a dispersão no escoamento. Em 32,43% da área, foram encontrados valores que indicam vertentes convergentes, portanto, áreas com potencial de concentração no fluxo do escoamento superficial, tornando-as suscetíveis à erosão e à inundação. Por fim, 33,44% da área indicam superfícies planares.

**Figura 19 – Mapa de curvaturas planas da BHCB (Goiás – GO)**



Fonte dos dados: MDE Alos Palsar. Organização: própria autora.

**Tabela 4 - Classes das Curvaturas da BHCB (Goiás-GO)**

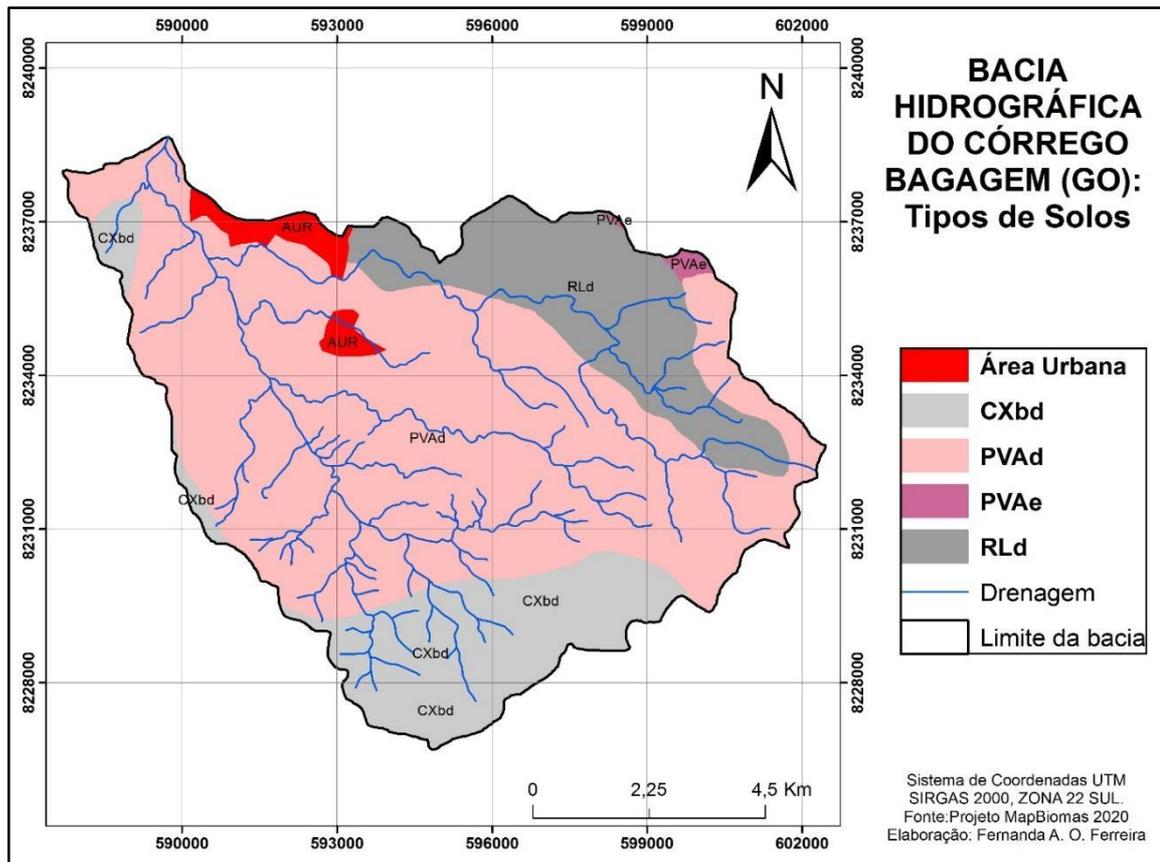
De Perfil	Área(%)	Plana	Área(%)
Côncavo	36,20	Convergente	32,43
Retilíneo	25,59	Planar	33,44
Convexo	38,25	Divergente	34,13
Total	100	Total	100

Fonte dos dados: MDE Alos Palsar. Organização: própria autora.

### 3.3 Análise das características pedológicas da BHCB

Segundo mapeamento realizado pela Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária de Goiás (EMATER), disponibilizado pelo Sistema de Geoinformação do Estado de Goiás – SIEG, foram identificadas na BHCB as classes de Cambissolo Háplico, Argissolo Vermelho-Amarelo e Neossolo Litólico. A Figura 20 apresenta as classes de solos da bacia e segue-se uma caracterização dos mesmos.

**Figura 20 - Solos da BHCB (Goiás – GO)**



Fonte dos dados: Projeto MapBiomias 2020. Organização: própria autora.

O PVAd (Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico) é o tipo de solo que predomina na bacia, correspondendo a 65,34% da bacia (Tabela 5). Este solo ocorre nas menores altitudes, que variam de 422m a 900m em relevos planos, suave ondulados e ondulados, e declividades de 0% a 20 %. O PVAe (Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico) corresponde a dois pequenos trechos a norte-nordeste da bacia (0,40%), em declividades que variam de 8,1% a 20% e elevações superiores a 800 metros.

**Tabela 5 - Tipos e Percentuais de Solos da BHCB (Goiás-GO)**

Solos	Área (%)
Cambissolo Háplico	16,44
Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico	65,34
Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico	0,40
Neossolo Litólico	15,39
Área Urbana	2,43
<b>Total</b>	<b>100</b>

Fonte dos dados: Projeto MapBiomias 2020. Organização: própria autora.

Os Argissolos são solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B textural (Bt) de cores avermelhadas, nos quais manifesta o acúmulo de argila e, em detrimento disso, possuem baixa permeabilidade e sua condição revela-se em blocos angulares e subangulares. Ocupam na paisagem a porção inferior das encostas e possuem média suscetibilidade à erosão (GUERRA; BOTELHO, 2003; REATTO *et al.*, 2008).

O Cambissolo Háplico distrófico (CXbd) concentra o maior trecho a Sul da bacia, com cerca de 8,11% e pequenos trechos a Oeste (5,28%) e a Sudoeste (3,04%), perfazendo um total de 16,44% da área da bacia (Tabela 5). Esse tipo de solo localiza-se em diferentes altitudes, que variam de 480m a 1.054m em relevos de forte-ondulado a escarpado com declividades superiores a 20%. Este solo ocupa as maiores altitudes da área da bacia.

Os Cambissolos possuem horizonte B incipiente (Bi) expresso pela presença de minerais primários com facilidade de intemperização, sua espessura varia de 0,2m a 1m e estão associados a relevos mais movimentados. Possui o teor de silte comumente elevado e a estrutura frequentemente em blocos. Manifesta, em sua maioria, teor de argila parcialmente homogêneo em profundidade, mantendo um gradiente textural baixo. O grau de suscetibilidade à erosão é variável, sendo que os mais rasos tendem a ser mais suscetíveis (GUERRA; BOTELHO, 2003; REATTO *et al.*, 2008).

O Neossolos Litólicos distróficos (RLd) está disposto em uma única faixa contínua Leste/Sudeste e ocupa 15,39% da área da bacia (Tabela 5). Localiza-se em altitudes que variam de 540m a 900m, ou seja, o solo que apresenta a menor diferença altimétrica da bacia. Os relevos de ocorrência variam de ondulado a montanhoso, com declividades entre 8,1% a 75%.

Os Neossolos Litólicos são solos rasos, pouco evoluídos e associados a afloramentos de rochas. Manifestam horizonte A assentado diretamente sobre a rocha ou sobre o horizonte C pouco espesso. Sua espessura é menor que 50 cm e ocorrem em áreas bastante acidentadas, de relevo ondulado até montanhoso (REATTO *et al.*, 2008).

De acordo com a Embrapa (1999), as classes de texturas dos solos são divididas em cinco grupos. A textura arenosa (compreende as classes texturais areia e areia franca); textura média (compreende classes texturais ou parte delas, tendo na composição granulométrica menos de 35% de argila e mais de 15% de areia, excluídas as classes texturais areia e areia franca); textura argilosa (compreende classes texturais ou parte delas, tendo na composição granulométrica de 35% a 60% de argila); textura muito argilosa (compreende classes texturais com mais de 60% de argila); e textura siltosa (compreende parte de classes texturais que tenham menos de 35% de argila e menos de 15% de areia).

Na Tabela 6 são apresentadas as características granulométricas das 14 amostras de solos analisadas e o uso e cobertura do solo de onde foram coletadas. Do total de amostras, em 57,14% (8 amostras) tem-se a textura Franco argilo-arenoso (FAAr). Esse tipo de textura contém de 20 a 35% de argila, menos de 28% de silte e 45% ou mais de areia (EMBRAPA, 2018). Os demais 42,86% (6 amostras) de solo possuem uma textura que compreende a classificação franco-arenoso (FAr), que, de acordo com a Embrapa, contém 20% ou menos de argila; a porcentagem de silte mais o dobro da porcentagem de argila excedem 30% a 52% ou mais de areia; ou menos que 7% de argila, menos de 50% de silte e entre 43 a 52% de areia.

**Tabela 6 - Características granulométricas e uso do solo e cobertura vegetal**

<b>Amostr a</b>	<b>Argila(%)</b>	<b>Silte(%)</b>	<b>Areia(%)</b>	<b>Textura</b>	<b>Er</b>	<b>Uso do solo e cobertura vegetal</b>
1	28	7	65	FAAr	2,6	Mata Seca
2	17	5	78	FAr	4,9	Cerrado Típico
3	19	6	75	FAr	4,3	Cerrado Ralo
4	13	5	82	FAr	6,7	Campo Sujo
5	26	7	67	FAAr	2,8	Mata Seca
6	14	5	81	FAr	6,1	Pastagem degradada
7	29	8	63	FAAr	2,4	Pastagem
8	23	7	70	FAAr	3,3	Cerrado Típico
9	19	5	76	FAr	4,3	Campo Sujo/Rupestre
10	20	6	74	FAAr	4,0	Pastagem Degradada
11	28	8	64	FAAr	2,6	Cerrado Rupestre
12	16	5	79	FAr	5,3	Mata Seca
13	23	7	70	FAAr	3,3	Vereda
14	30	8	62	FAAr	2,3	Cerrado Ralo/ Típico

Legenda:

ArMe – Areia franca; FAr – Franco-arenosa; FAAr – Franco argilo-arenosa. ER – Erodibilidade

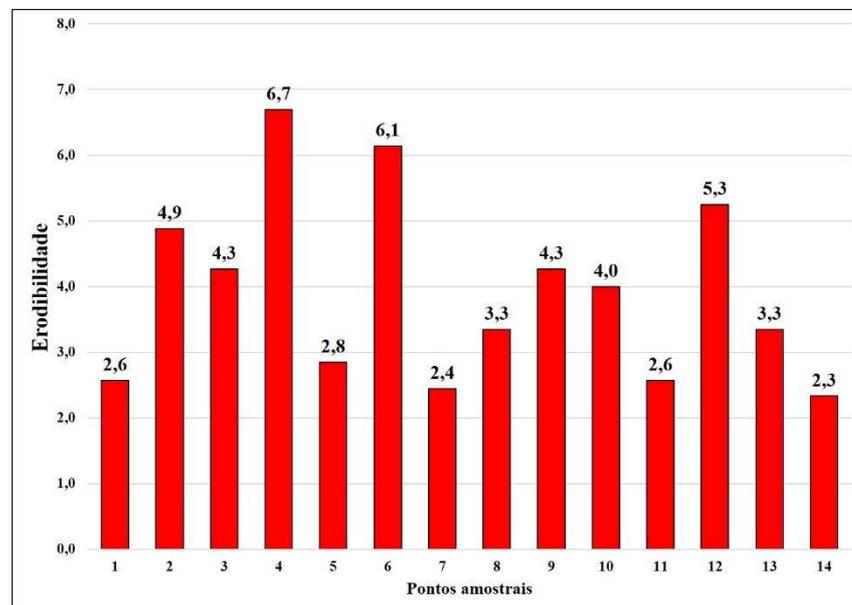
**Fonte: Elaborado pela autora.**

Os resultados apresentaram altos teores de areia nas amostras, indicando solos predominantemente arenosos, influência do material de origem desses solos, nos quais

predominam rochas metamórficas como quartzito e gnaiss. De acordo com Prado (2000), solos que apresentam texturas mais arenosas caracterizam-se pela moderada a alta suscetibilidade à erosão.

A Figura 21 apresenta o gráfico de erodibilidade das amostras de solos coletados, resultado da relação proporcional entre os percentuais de argila total, silte e areia. Os valores de erodibilidade são adimensionais e variaram de 2,3 a 6,7. Esses valores servem para comparar e indicar áreas com maior potencial de erodibilidade, ou seja, área com maior suscetibilidade a processos erosivos. Os valores mais altos (6,7 e 6,1) se concentram espacialmente no alto e médio curso da bacia, em áreas de campo e pastagem degradada, onde ocorrem os Argissolos. Quando avaliadas as médias, observa-se os Argissolos, em área de fundo de vale, com afloramento de rochas e a presença de uma vegetação mais aberta, como Cerrado ralo, formação de campo sujo e área de pastagem com a presença de capim braquiária. Os menores valores de erodibilidade (2,3; 2,4 e 2,6) aparecem em Cambissolos e Argissolos, em área de formação florestal, de Cerrado Rupestre e Cerrado Ralo, com ocorrência de capim braquiária para pastagem.

**Figura 21 – Erodibilidade nos pontos amostrais da BHCB (Goiás-GO)**



Fonte: Elaborado pela autora.

Os valores de erodibilidade das amostras apresentaram valores significativamente altos se relacionados aos achados de Souza *et al.* (2018). Estes autores em análises aplicadas a Latossolos, Argissolos e Gleissolos, no estado de São Paulo, encontraram valores entre 0,7 a 3,6. O fator erodibilidade dos solos reflete o fato de que diferentes solos possuem distintas

suscetibilidades ao processo erosivo, mesmo os outros fatores envolvidos nesse processo sendo mantidos constantes. Os principais atributos que influenciam na erodibilidade dos solos são a textura, teor de matéria orgânica, estrutura, porosidade e permeabilidade (GALDINO, 2012).

### 3.4 Análise das características do uso e cobertura do solo da BHCB

A BHCB se localiza no bioma Cerrado, que compreende um complexo vegetacional que possui relações ecológicas e fisionômicas com outras savanas que ocorrem no mundo. Este domínio está localizado no Planalto Central do Brasil e compreende o segundo maior bioma do país em área, ocupando 2 milhões de km<sup>2</sup>, o que representa cerca de 23% do total da área do território brasileiro (RIBEIRO; WALTER, 1998).

Segundo Ribeiro e Walter (1998), no Cerrado podem ser identificadas três grandes formações de cobertura vegetal, subdivididas em fitofisionomias: formações florestais (Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão); formações savânicas (Cerrado Denso, Cerrado Típico, Cerrado Ralo, Parque de Cerrado, Palmeiral, Vereda e Cerrado Rupestre); e formações campestres (Campo Rupestre, Campo Sujo e Campo Limpo), conforme Figura 22.



Fonte: EMBRAPA (2008)

Com base nas observações de campo, foram identificadas na BHCB as formações florestais: Mata Ciliar, Mata de Galeria e Mata Seca, que compreendem os tipos de vegetação em que predominam espécies arbóreas, com a formação de dossel contínuo ou descontínuo (RIBEIRO; WALTER, 1998).

Na Mata Ciliar, conhecida como vegetação florestal, que segue os rios de médio e grande porte da região do Cerrado, a vegetação arbórea não forma galerias (RIBEIRO; WALTER, 1998). A Mata de Galeria é uma vegetação arbórea que está associada a pequenos cursos de água, formando corredores fechados, onde as copas das árvores se tocam (RATTER

*et al.*, 1973; RIBEIRO *et al.*, 1983). Tanto as Matas Ciliares quanto as Matas de Galeria da BHCB podem ser observadas nas Figuras 23 e 24.

**Figura 23 – Mata Ciliar nos principais córregos da BHCB (Goiás-GO)**



Fonte: Arquivo pessoal (2020) - Foto A – Mata Ciliar no córrego Areias; Foto B – Mata Ciliar no córrego Bacalhau; Foto C – Mata Ciliar no córrego Bagagem; Foto D – Mata Ciliar no córrego Gouveia.

**Figura 24 - Mata de Galeria nos principais córregos da BHCB (Goiás-GO)**



Fonte: Arquivo pessoal (2020). Foto A – Mata de Galeria no córrego Gouveia e Foto B – Mata de Galeria em trecho próximo à nascente do córrego Bagagem.

A Mata Seca é um tipo de vegetação que ocorre em interflúvios, em terrenos bem drenados, sem associação com cursos de água, geralmente em locais ricos em nutrientes e por vários níveis de caducifoliamento durante a estação seca (RIBEIRO; WALTER, 1998), como pode observado na Figura 25.

**Figura 25 – Mata Seca na BHCB (Goiás-GO)**



**Fonte: Arquivo pessoal (2020). Foto A – Mata Seca à margem direita da Rodovia GO-070 e Foto B – Mata Seca próximo ao córrego Areias.**

Dentre as formações savânicas do Cerrado foram encontradas na BHCB as fitofisionomias Cerrado Típico (Cerrado Sentido restrito), Cerrado Rupestre e Veredas. O Cerrado Típico pode ser caracterizado pela presença de árvores baixas, inclinadas, tortuosas, com ramificações irregulares e retorcidas (RIBEIRO; WALTER, 1998). O Cerrado Típico é um subtipo de vegetação predominantemente arbóreo-arbustivo, com espécies arbóreas com altura média de três a seis metros. Trata-se de uma forma comum e intermediária entre o Cerrado Denso e o Cerrado Ralo (RIBEIRO; WALTER, 1998), como pode ser visto na Figura 26.

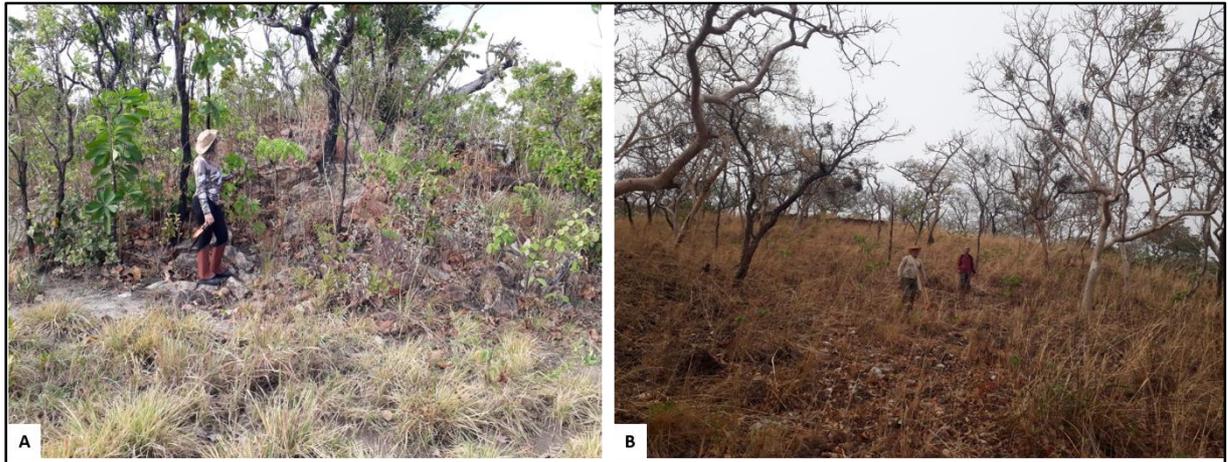
**Figura 26 - Cerrado Típico na BHCB (Goiás-GO)**



**Fonte: Arquivo pessoal (2020). Foto A – Vista panorâmica da cabeceira da bacia, no sentido nordeste-sudoeste. Em primeiro plano temos uma variação de Cerrado Típico a Denso, predominantemente, e, em segundo plano, temos a Serra Dourada, que compreende o principal divisor de águas da bacia. B – Cerrado Típico. C - Cerrado Ralo.**

No Cerrado Rupestre, há presença de solos rasos e no substrato ocorre afloramento de rocha, com espécies adaptadas a estes ambientais (OLIVEIRA FILHO; MARTINS, 1986; RIBEIRO; WALTER, 1998), como pode ser visto na Figura 27.

**Figura 27 - Cerrado Rupestre na BHCB (Goiás-GO)**



**Fonte: Arquivo pessoal (2020). Foto A – Cerrado Rupestre preservado, próximo às margens direita da GO-070; Foto B – Cerrado Rupestre com introdução de capim braquiária; área próxima ao córrego Areias.**

A Vereda (Figura 28) é outro tipo fitofisionômico do Cerrado encontrado na BHCB. Segundo o Manual Técnico de Geomorfologia (IBGE, 2009), é uma zona deprimida de forma ovalada ou linear, resultante de processos de exsudação do lençol freático, cujas águas geralmente convergem para um talvegue. Apresenta uma vegetação típica, caracterizada por palmeiras de diferentes espécies, particularmente buritis. Já o Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2007) associa a presença de veredas a solos hidromórficos e superfícies com muita umidade e com presença de plantas, como açáí, buriti e capim redondo.

**Figura 28 - Veredas na BHCB (Goiás-GO)**



Fonte: Arquivo pessoal (2020).

Nas Figuras podemos observar o grau de degradação dos ambientes: vestígios de queimadas, represamento para dessedentação de animais, introdução de pastagens plantadas com circulação de animais e a intermitência dos afloramentos, no período de estiagem, por causa das intervenções antrópicas.

As Veredas desempenham uma importante função no sistema hidrológico e na preservação da fauna, pois, além de fornecer espaço para refúgio, fonte de alimento e reprodução, tanto para as espécies terrestres quanto para aquáticas, são ambientes de afloramentos de água, que abastecem as drenagens (BRANDÃO *et al.*, 1991; CARVALHO, 1991). Embora provada a importância da Vereda, ela tem sido ameaçada pelas atividades agropecuária e pelas queimadas excessivas. Segundo Guimarães (2001), o simples pisoteio do gado pode causar a erosão e a compactação do solo. Para Meirelles *et al.* (2000), tanto a erosão quanto a compactação afetam diretamente o processo de infiltração da água, que é responsável pela manutenção dos aquíferos subterrâneos.

No que se refere às formações campestres, foram encontradas durante as observações de campo todas as variações na BHCB: Campo Limpo, Campo Rupestre e Campo Sujo

(Figura 29). Nessas fitofisionomias, há a presença exclusiva de arbustos e subarbustos dispersos, entremeados de vegetação gramínea rasteira (RIBEIRO; WALTER, 1998).

**Figura 29 - Formações Campestres na BHCB (Goiás-GO)**

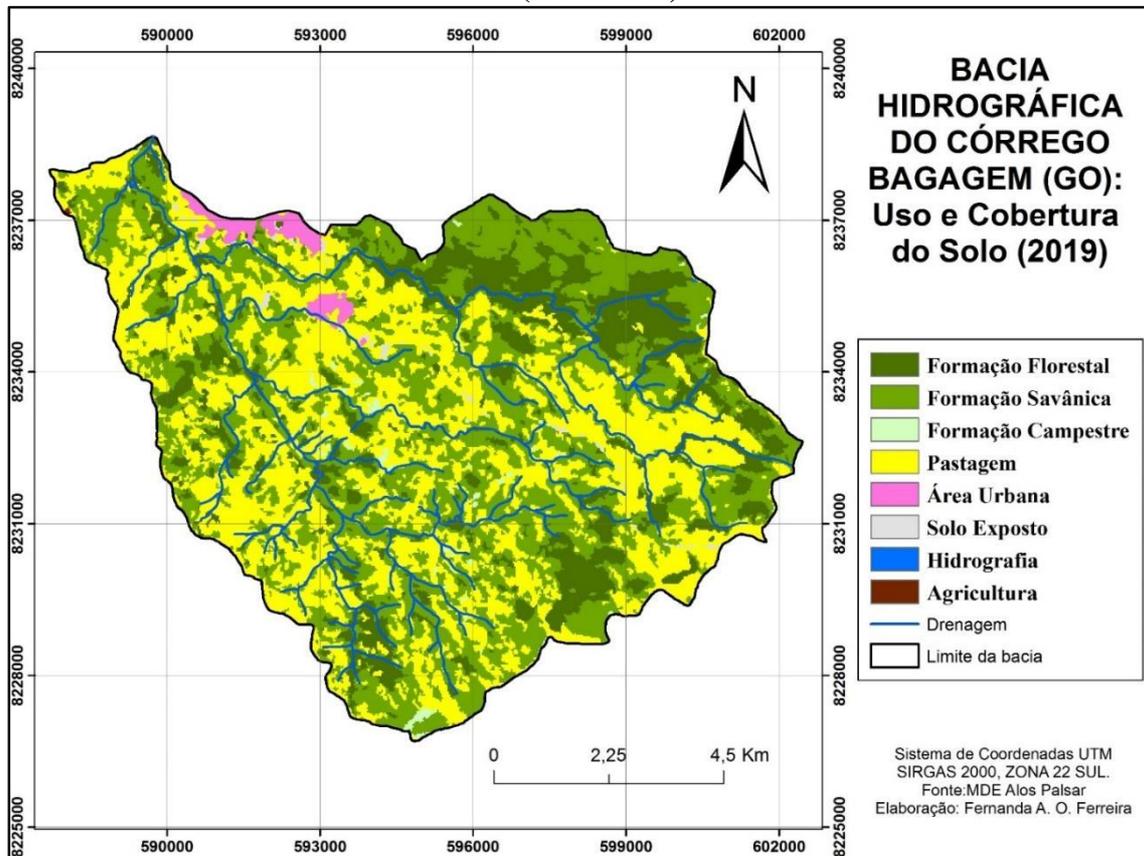


Fonte: Arquivo pessoal (2020). Foto A – Campo Limpo; Foto B – Campo Rupestre e Foto C – Campo Sujo.

No Campo Sujo, tem-se coberturas gramíneas com ocorrências esparsas de pequenos arbustos; o Campo Limpo são manchas com coberturas gramíneas homogêneas, podendo estar associadas a ambientes de Veredas; e o Campo Rupestre tem as mesmas características do Campo Sujo, mas com ocorrência de afloramentos rochosos (RIBEIRO; WALTER, 2008).

A Figura 30 e a Tabela 7 apresentam o mapeamento de uso e cobertura do solo, além de dados percentuais e em área (km<sup>2</sup>) das classes para o ano de 2019. As formações fitofisionômicas do Cerrado (formações florestais, formações savânicas e formações campestres), no ano de 2019, ocupam 59,14% da área da BHCB. As pastagens ocupam uma área de 39,02%; agricultura e solo exposto apenas 0,01% e 1,43% ocupada pela área urbana e por recursos hídricos.

**Figura 30 - Mapa de uso do solo e cobertura vegetal, no ano de 2019, da BHCB (Goiás-GO)**



Fonte dos dados: MDE Alos Palsar. Organização: própria autora.

**Tabela 7 - Quantificação do uso e cobertura na área da BHCB (Goiás –GO) – 2019**

Tipos	Área (%)	Área (km <sup>2</sup> )
Formação Florestal	17,44	17,21
Formação Savânica	41,03	40,52
Formação Campestre	0,67	0,66
Pastagem	39,02	38,51
Agricultura	0,01	0,009
Solo Exposto	0,40	0,39
Área Urbana	1,42	1,40
Água	0,01	0,009
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>98,70 km<sup>2</sup></b>

Fonte dos dados: MDE Alos Palsar. Organização: própria autora.

As pastagens (Figura 31) são áreas reservadas ao pastoreio do gado e são formadas mediante plantio de forragens perenes ou aproveitamento e melhoria de pastagens naturais. Nessas áreas, o solo está coberto por vegetação de gramíneas e/ou leguminosas, cuja altura pode variar de alguns decímetros a alguns metros. (IBGE, 2013). As pastagens são o uso do

solo predominante na bacia, ocupando 39,02% da área, e são coberturas destinadas à criação de gado.

**Figura 31 – Área de pastagem destinada à criação de gado leiteiro na BHCB (Goiás-GO)**



Fonte: Arquivo pessoal (2020)

A agricultura pode ser entendida como a terra utilizada para a produção de alimentos. Fazem parte desta categoria as lavouras temporárias e lavouras permanentes (IBGE, 2013). Na bacia, este tipo de atividade é incipiente, ocupando somente 0,01% da área. As coberturas de Cerrado são predominantes na bacia, ocupando ao todo 59,14% da área. O tipo de Cerrado predominante são as Formações Savânicas.

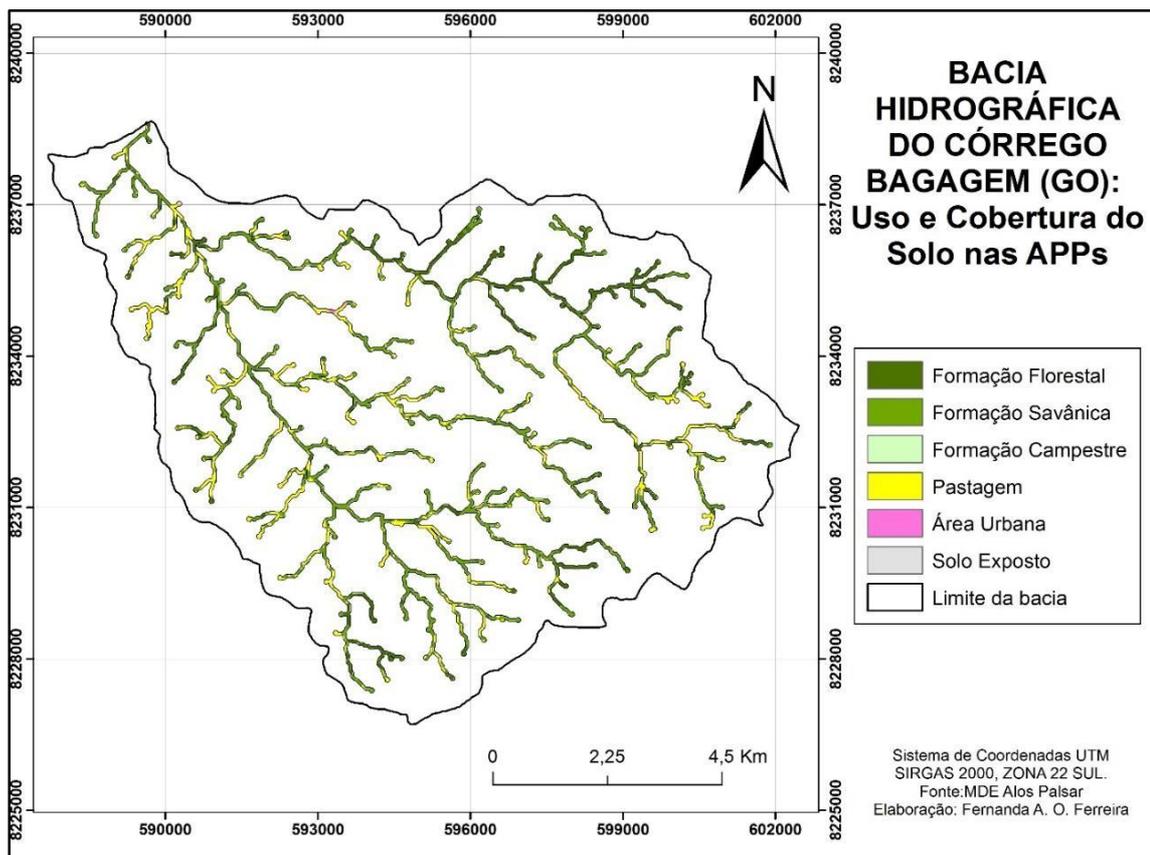
### **3.5 Análise das Áreas de Preservação Permanentes (APPs) da BHCB**

De acordo com o artigo 3º, inciso II, da Lei Federal 12.651, de 2012, também conhecida como o Novo Código Florestal, a Área de Preservação Permanente (APP) é definida como área protegida, esteja ela coberta ou não por vegetação nativa. Ela tem a função de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora; proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012).

Na BHCB, foram mapeadas e analisadas as APPs das nascentes e dos cursos d'água. Pelas observações de campo, especialmente no baixo curso da bacia, onde seria possível identificar os cursos com calhas mais largas e maior vazão, não foram identificados cursos com mais de 10 metros de largura. Em vista disto, a área de preservação permanente em seus 161,8 km de comprimento deve cumprir o mínimo de 30m de largura às suas margens e 50 metros de raio para as nascentes.

Na Figura 32, tem-se o mapeamento do uso e cobertura do solo nas APPs e na Tabela 8, os valores das áreas correspondentes a cada classe, em percentual e área ocupada. O mapeamento evidencia conflitos de usos nas APPs, pois estas áreas estão sendo ocupadas por pastagens, predominantemente, e por área urbana e solo exposto (possivelmente áreas agrícolas).

**Figura 32 – APPs dos cursos d’água e das nascentes da BHCB (Goiás-GO)**



Fonte dos dados: MDE Alos Palsar. Organização: própria autora.

**Tabela 8 - Quantificação do uso e cobertura do solo nas APPs da BHCB (Goiás –GO)**

Uso e Cobertura do Solo nas APPs	Área (%)	Área (km <sup>2</sup> )
Formação Florestal	24,77	2,45
Formação Savânica	48,24	4,81
Formação Campestre	0,28	0,02
Pastagem	26,49	2,62
Área Urbana	0,14	0,01
Solo Exposto	0,08	0,007
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>9,91 km<sup>2</sup></b>

Fonte dos dados: MDE Alos Palsar. Organização: própria autora.

Conforme os valores apresentados na Tabela 8, as áreas conflitantes representam quase um terço da extensão das APPs (26,71%), sendo a pastagem a que apresenta maior índice de ocupação, com 26,49% dessas áreas, devendo ser o principal foco para ações de conservação dos recursos hídricos. Em seguida, são ocupadas por área urbana 0,14% e solo exposto em 0,08% de sua totalidade. Para Bartholo (1994) e Araújo (2007), a má conservação do solo e o uso conflitivo das APPs são dois dos principais fatores que influenciam na degradação dos recursos hídricos. A ocupação de APPs de nascentes, especialmente de veredas, pode contribuir para a redução da vazão de água ou até a extinção das mesmas. A supressão da vegetação que margeia os cursos d'água contribui para os processos de erosão, assoreamento e poluição das águas.

#### 4 ANÁLISE GEOAMBIENTAL INTEGRADA

Segundo os dados pesquisados na BHCB, ela abrange 98,7 km<sup>2</sup>, sendo a pastagem o principal uso do solo. Para compreender esse uso predominante na bacia é importante verificar a sua expansão ao longo dos anos. Em 1985, segundo o projeto Mapbiomas (2020), a bacia possuía somente 12,06 % de pastagem; já em 2019, foi observado uma grande expansão: em 34 anos, triplicou a área de pastagem para 39,02%, chegando a mais de um terço da área da bacia (38,51 km<sup>2</sup>).

De acordo com Andrade (1994) e Macedo (1997), no Brasil, com a expansão da criação de gado, houve a introdução de gramíneas exóticas africanas, principalmente no Cerrado, uma das principais fronteiras de criação de gado de corte no Brasil. Essas gramíneas se adaptaram bem ao ambiente de Cerrado, onde ocorrem solos ácidos e de baixa fertilidade natural (MACEDO, 1997; SANO *et al.*, 2001). As pastagens plantadas são a cobertura antrópica predominante no Cerrado, sendo que, em 2018, essa cobertura ocupava 61,3 milhões de hectares (SOUZA; MARTINS; DRUCIAKI, 2020).

Um aspecto importante de ser analisado diz respeito ao tipo de solo ocupado pela pastagem. Segundo Adamoli *et al.* (1986), as pastagens geralmente ocupam solos com problemas de fertilidade natural, ácidos e que ocorrem em terrenos acidentados e com afloramentos. As áreas mais planas e de fácil mecanização são destinadas a atividades agrícolas.

As pastagens em solos mais arenosos apresentam alto potencial para degradação, pois ocorre pisoteio contínuo do gado e a compactação do solo (MACEDO; ZIMMER, 1993; MACEDO, 2001). Na BHCB, foram identificadas pastagens degradadas com solos evidenciando compactação e ocorrências de processos erosivos em trilheiros. Os trilheiros são muito comuns em áreas de pastagens, sendo produzidos pelo trânsito dos animais e são áreas onde o fluxo de água superficial se concentra formando erosões lineares (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2014).

Como os solos apresentaram altos teores de areia e relevos declivosos, as áreas de pastagem da bacia apresentam alto potencial para perda de sedimentos por erosão pluvial. Por sua vez, nas áreas compactadas e com redução da cobertura gramínea ocorre a intensificação da erosão hídrica, devido à maior exposição do solo à ação da chuva. Assim, as áreas recobertas por pastagens constituem importantes fontes de produção de sedimentos e, conseqüentemente, de assoreamento dos cursos d'água.

Na BHCB foram verificadas extensas áreas de pastagens degradadas (Figura 33). As pastagens são consideradas degradadas quando há a perda de vigor e produtividade, infestação de plantas invasoras, compactação do solo, redução das taxas de infiltração e ocorrência de processos erosivos (MACEDO, 1999). Segundo Corrêa *et al.* (2006), as áreas com pastagens degradadas, dada a grande extensão ocupada por esse tipo de cobertura, podem causar impactos diretos nos recursos hídricos, principalmente nas nascentes, provocando a extinção delas.

**Figura 33 - Pastagens degradadas na área da BHCB (Goiás-GO)**



Fonte: Arquivo pessoal - Foto A – Pastagem degradada às margens do córrego Bacalhau (26/08/2020); Foto B – Pastagem degradada em área que se localiza entre os córregos Areias e Bacalhau (17/02/2020).

Outra condição que potencializa a degradação ambiental nas áreas de pastagem é a sazonalidade climática. Pode ser notado que durante o período de estiagem há a redução significativa da biomassa, o que acaba deixando as áreas mais abertas e, quando acontecem as primeiras chuvas, há lavagem do solo, formando as erosões laminares. Essa variabilidade climática acaba influenciando diretamente nesses aspectos do meio físico.

Como já foi colocado anteriormente, o espaço urbano é a segunda maior área em porcentagem no uso e cobertura do solo da BHCB, representando 1,42% e 1,40 km<sup>2</sup> da área do total da bacia (97,8 km<sup>2</sup>). Apesar de ser considerada uma área pequena, o espaço urbano traz contribuições consideráveis à degradação dos recursos hídricos e, conseqüentemente, à bacia. Em ambientes urbanos, há uma expressiva superfície impermeabilizada, onde ocorre a geração de importantes fluxos superficiais em detrimento da infiltração da água no solo (VITTE; GUERRA, 2010). Poletto (2003) indica a expansão das áreas urbanas como um dos principais meios de degradação das águas, devido ao lançamento de resíduos domésticos e industriais de forma direta ou indireta.

Tucci e Mendes (2006) pontuam como principais consequências ambientais da urbanização: a impermeabilização do solo; o aumento do escoamento superficial em até sete vezes mais; o aumento na produção de sedimentos, isso nas áreas urbanas não consolidadas, com ruas não pavimentadas; a degradação dos recursos hídricos, devido ao escoamento de águas residuais, deposição de sedimentos e lançamento de esgoto doméstico (águas servidas).

Na BHCB, observa-se algumas contribuições da área urbana para a degradação dos recursos hídricos, como a expansão da cidade, com o aumento da canalização dos cursos d'água e da impermeabilização do solo, que contribui para carrear maior quantidade de água para os leitos dos cursos d'água, causando enchentes e inundações, quando a água ultrapassa o leito natural do curso d'água. Muitas das vezes ocorrem perdas econômicas, além de dificultar o processo de abastecimento do lençol freático. Há também a ocupação do leito de inundação ribeirinha (leito maior), onde ocorrem frequentes inundações, e o lançamento de esgotos domésticos e comerciais de pequenas empresas, por exemplo, de lavagem de automóveis, limpezas de fossas sépticas, despejos de postos de combustíveis, olarias, entre outras. Os moradores tem utilizados as margens dos cursos d'água como destino final de resíduos sólidos e entulhos (Figura 34).

**Figura 34 - Alguns fenômenos urbanos que contribuem com a degradação dos recursos hídricos na BHCB (Goiás-GO)**



**Fonte: Arquivo pessoal - Foto A – Lixão da cidade, localizado próximo ao córrego Bagagem; Foto B – Esgoto doméstico lançado ao curso de água; Foto C – Erosão em rua não pavimentada às margens do córrego Bacalhau; Foto D – Canalização de curso de água, que deságua no córrego Bacalhau; Foto E – Erosão às margens de curso de água (18/12/2020).**

De acordo com o mapeamento de uso e cobertura do solo da BHCB, a cobertura natural de Cerrado é predominante e apresentou uma pequena redução em área nos últimos 34 anos. No primeiro mapeamento feito pelo Projeto Mapbiomas, em 1985, a bacia possuía 63,96% de cobertura de Cerrado (MAPBIOMAS, 2020); em 2019, reduziu para 59,14%. Os solos com baixa fertilidade natural, com altos teores de areia e relevos declivosos, podem explicar a baixa aptidão agrícola, o predomínio do cultivo de pastagens e a ocorrência de extensas áreas de Cerrado ainda preservadas.

As coberturas de vegetação natural em uma bacia têm a finalidade de filtrar os poluentes e sedimentos que seriam carreados aos cursos d'água. A vegetação também forma corredores ecológicos, ligando fragmentos que contribuem para o deslocamento da fauna, que, por sua vez, favorece a colonização de espécies da flora. Em áreas com topografia movimentada, a

vegetação protege o solo da lixiviação e dos processos erosivos (PRIOSTE, 2007). A vegetação também contribui para a mitigação da energia do escoamento superficial e maior abastecimento dos lençóis subterrâneos (VITTE; GUERRA, 2010). Ainda segundo esses autores, a taxa de infiltração em solos florestados é significativamente maior que em solos cultivados.

Aliada às condições de uso e cobertura do solo da BHCB temos as características morfométricas que reforçam as fragilidades ambientais. Para isso, recorre-se a Vitte e Guerra (2010), que enfatizam que as características das vertentes, tais como declividade, forma e rugosidade do terreno, podem potencializar os processos de degradação das paisagens em relação a consequências dos processos de remoção, transporte e deposição de sedimentos. Além disso, a supressão da vegetação e uso intensivo do solo podem acelerar tais processos.

Levando em consideração essa assertiva e iniciando a análise pelo aspecto da declividade, a BHCB apresenta predominantemente relevo ondulado e forte ondulado, principalmente em áreas próximas aos divisores de água, aplainando somente em áreas próximas às calhas de drenagens e ao exutório. Aliada à declividade, outro aspecto que justifica o potencial erosivo e de assoreamento das drenagens da bacia, são as curvaturas plana e de perfil do relevo. Com base nos dados levantados das curvaturas em perfil e planas, demonstra-se que um terço das áreas apresentam potencial de concentração de fluxo no escoamento superficial, indicando potencial de erosão e inundação.

Outro aspecto considerado por Vitte e Guerra (2010) para compreender a importância dos aspectos morfométricos na análise das encostas refere-se à rugosidade do terreno, pois essa característica ajuda a diminuir ou mesmo barrar o fluxo superficial. As depressões e os obstáculos do solo retêm por certo tempo o fluxo da água superficial até ocorrer o transbordamento, no caso da BHCB, o índice de rugosidade contribui para o maior risco de degradação da bacia.

Existe ainda uma relação recíproca entre as propriedades texturais dos solos e os aspectos topográficos (morfogênese-pedogênese), na BHCB, como predominam solos com altos teores de areia associados a relevos ondulados e declivosos, pode-se inferir que predominam os processos de morfogênese, ou seja, de modelação do relevo, principalmente nos médio e alto cursos da bacia. A ocorrência de Cambissolos e Neossolos Litólicos corroboram esta afirmação. Diante dessas condições, associadas a áreas antrópicas, como pastagens degradadas, tem-se a configuração de áreas com alto potencial a degradação.

Cambissolos e Neossolos Litólicos apresentam alta fragilidade e quando leva-se em consideração que eles se encontram nas cabeceiras de drenagem e divisores de água da bacia, onde ocorrem afloramentos de água que abastecem as drenagens, as condições são agravadas.

A sazonalidade das chuvas, característica climática marcante no Cerrado, contribui para um período chuvoso e outro de estiagem, chegando a ficar até seis meses sem nenhuma precipitação; para altas temperaturas durante todo o ano, com média anual de 24°; e para ocorrências da umidade relativa do ar abaixo da média na metade do ano, chegando, em vários dias, à situação de alerta pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Essas causas contribuem para a redução do volume de água nos canais fluviais, recarga do lençol freático e perenidade dos cursos de água no período de estiagem.

A intermitência dos cursos de água da BHCB é um fator que tem chamado a atenção dos moradores, do poder público e de especialistas. De acordo com pesquisas de campo e abordagens com moradores ribeirinhos, pode-se afirmar que todos os cursos de água da bacia já apresentam intermitência no período de estiagem. Na Figura 35, tem-se os registros de alguns cursos d'água que evidenciam a situação.

**Figura 35 - Córregos da BHCB (Goiás- GO) em períodos de chuva e de estiagem**

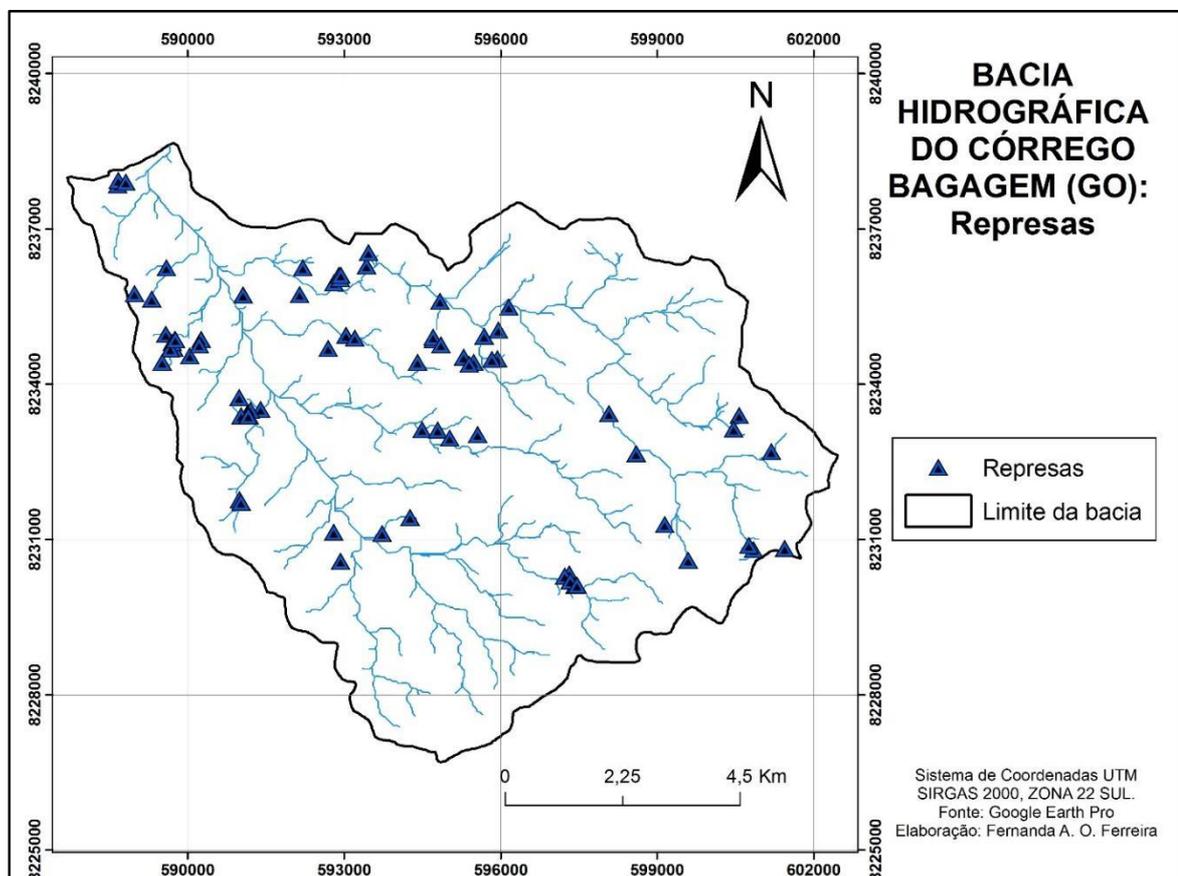


Fonte: Arquivo pessoal - Foto A – Córrego Bagagem em período de estiagem (26/08/2020); Foto B – Córrego Bagagem em período chuvoso (17/02/2020); Foto C - Córrego Bacalhau em período de estiagem (26/08/2020); Foto D – Córrego Bacalhau em período chuvoso (17/02/2020); Foto E – Córrego Areias em período de estiagem (28/08/2020); Foto F – Córrego Areias em período chuvoso (20/02/2020).

O fator da intermitência dos cursos de água precisa ser analisado de forma mais criteriosa, pois pesquisas e conversas informais têm demonstrado que alguns cursos de água próximos à cabeceira não apresentam esse fenômeno, o que pode-se inferir que esse processo pode estar ligado às formas de uso da água que ocorrem no sentido montante-jusante da bacia.

A intermitência dos cursos de água verificada na BHCB, não em todos os casos, em nem todos os casos, está ligada a fator natural, mas às formas de uso da água, que muitas vezes são irregulares e ilegais, fazendo com que alguns cursos apresentem intermitência do médio para o baixo cursos da bacia. Diante disso, pergunta-se: Quais são as ações antrópicas que têm provocado a intermitência dos cursos de água da bacia do córrego Bagagem? De acordo com as imagens de satélites, utilizando o *Google Earth*, e as observações do trabalho de campo, o represamento dos cursos de água pode ser uma das mais graves causas para a intermitência dos cursos de água da bacia. Na BHCB foi identificada pelo menos 0,8 represas por km<sup>2</sup> (Figura 36), em um total de 79 represas, o que é considerado muito alto, principalmente aliado a outros fatores que já contribuem com a dificuldade de infiltração da água para o abastecimento do lençol freático.

**Figura 36 - Represas na BHCB (Goiás-GO)**



Fonte dos dados: Google Earth Pro. Organização: própria autora.

Outra importante ação antrópica verificada durante os estudos de campo foi a extração de areia irregular e ilegal que ocorre nos leitos dos cursos d'água, fator que causa o alto potencial de degradação dos cursos de água (Figura 37). No período de estiagem, é visível a grande quantidade de sedimentos arenosos nas calhas, resultado das condições de degradação da bacia. Assim, a extração de areia se torna atrativa e rentável.

**Figura 37 - Extração de areia na BHCB (Goiás-GO)**



Fonte: Arquivo pessoal - Foto A – Espaço de extração de areia desativada no córrego Bagagem (28/08/2020); Foto B – Extração de areia no córrego Bagagem (20/02/2020).

Além da extração de areia, outras atividades relacionadas à exploração dos recursos hídricos e das paisagens foram identificadas nas observações de campo. Na bacia, foram identificadas pelos menos três clubes, dois balneários e um hotel-fazenda. Esses espaços de lazer foram construídos em APPs e utilizam a água dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

No intuito de garantir a preservação dos recursos hídricos, o monitoramento é essencial para se entender a dinâmica do curso hídrico. Para Garcez e Alvarez (1988), a avaliação da qualidade e disponibilidade hídrica de uma bacia hidrográfica constitui um dos requisitos básicos para o controle, conservação e planejamento integrado de uma bacia hidrográfica.

No intuito de contribuir para gestão e implementação de políticas de conservação da BHCB, seguem algumas medidas que possam ser adotadas:

1. Proteção e revitalização das áreas que margeiam as nascentes, veredas, matas ciliares e de galerias, no intuito de restabelecer a dinâmica hidrogeológica, impedir os processos erosivos e assoreamento e servir como fonte de abrigo e alimentos para a fauna;

2. Implementar medidas conservacionistas nas áreas de pastagens, para evitar que o escoamento superficial ocorra sequencialmente em toda a vertente, e promover a recuperação das pastagens degradadas com formas adequadas de manejo;
3. Reestruturação das Áreas de Preservação Permanente, com aplicação das determinações do Código Florestal;
4. Educação ambiental envolvendo toda a sociedade e o poder público, a fim de apresentar a problemática e as medidas mitigadoras;
5. Cumprimento legal mediante a expansão das áreas urbanas, ressaltando a importância de se considerar os percentuais de lotes com área verde;
6. Criar fóruns de discussão com produtores rurais e proprietários de terras, para se discutir a influência negativa de uso conflitante nas Áreas de Preservação Permanente e a importância do manejo adequado do solo e dos recursos hídricos;
7. Criar um comitê gestor da bacia com representantes do poder público, proprietários de terras, empresários e moradores para o estabelecimento de critérios que conduzam sustentabilidade aos usos múltiplos da água;
8. Controle do uso/ocupação do solo e da água pelo poder público, minimizando impactos negativos como processos erosivos, assoreamento dos leitos fluviais e contaminação das águas;
9. Criar o zoneamento ambiental para a área da bacia, pois é um dos instrumentos a ser utilizado, em termos de gestão ambiental, pela Política Nacional do Meio Ambiente (Lei Federal n.º 6.938/1981).

## CONCLUSÕES

Na atualidade, é frequente se falar sobre a questão do planejamento e gestão em bacias hidrográficas e, assim, alcançar cada vez mais destaque na ciência geográfica. Particularmente, se tratando de uma área localizada em um município que a cidade é Patrimônio Mundial da Humanidade, os recursos hídricos e outros elementos naturais seriam vistos como limitados e protegidos. Ledo engano! Pois, como visto neste trabalho, as intervenções realizadas na BHCB adquirem proporções consideráveis. Por isso, a importância de se refletir acerca das abordagens que estão sendo realizadas em relação à sociedade e à natureza e quais as mudanças provenientes dessas alterações, principalmente as relacionadas aos recursos hídricos.

Os estudos geoambientais têm contribuído no desvelamento das fragilidades, vulnerabilidades e também potencialidades das paisagens, especialmente em sistemas ambientais como as bacias hidrográficas. As análises integradas das paisagens, nesses recortes espaciais, são abordagens cada vez mais usadas e valorizadas nos estudos geográficos, bem como os geossistemas, que integram aspectos bióticos, abióticos e antrópicos nas análises. Tendo isso em vista, torna-se cada vez mais relevante e significativo tais estudos que objetivam assegurar a preservação e a conservação do ambiente, inclusive dos recursos hídricos, que vêm apresentado níveis de degradação que refletem na qualidade de vida das populações.

Nesse contexto, ressalta-se a importância dos SIGs, que são aplicações para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos. Os métodos e técnicas ligados ao geoprocessamento se tornaram indispensáveis nos estudos geoambientais das paisagens, pois estão presentes em todas as etapas do processo, desde a caracterização, passando pela integração e finalizando na produção cenários diagnósticos.

Os resultados alcançados neste trabalho sinalizam para a urgente necessidade de implementação de um plano de manejo do solo e água na BH do Córrego Bagagem. A análise integrada dos aspectos físicos, hidrográficos, climáticos e de uso e cobertura do solo indica as fragilidades ambientais da bacia, bem como as intervenções antrópicas inadequadas, que reverberam em processos erosivos; assoreamento e intermitência dos cursos d'água; conflitos de uso nas APPs; disposição de resíduos sólidos e águas servidas nas drenagens; degradação de pastagens; extração irregular de areia; e represamentos irregulares.

## REFERÊNCIAS

- ADAMOLI, J.; MACEDO, J.; AZEVEDO, J. G.; NETTO, J. M. Caracterização da região dos Cerrados. *In: EMBRAPA/CPAC. Solos dos Cerrados: Tecnologias e Estratégia de Manejo.* Liv. Nobel: São Paulo, 1986. p. 33-74.
- ALLAN, J. D; FLECKER, A. S. Biodiversity and conservation in running waters. **Bioscience.** v. 43, n. 1, 1993. p. 32-43.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, 2013. p. 711-728.
- ALVES, J. M. P.; CASTRO, P. T. A. Influência das feições geológicas na morfologia da bacia do rio do Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. **Revista Brasileira de Geociências.** v. 33, n. 2, 2003. p. 117-124.
- ANA. **Lei nº 9.984/2000.** Agência Nacional das Águas. <https://www.ana.gov.br/gestao-da-agua/cobranca/normativos-cobranca>: Acesso em 18 de mai. 2020.
- ANDRADE, R. P. Tecnologia de produção de sementes de espécies do gênero *Brachiaria*. **Anais do 11º Simpósio sobre manejo da pastagem.** FEALQ: PIRACICABA-SP, 1994. p. 49-71.
- ANTONELI, V.; THOMAZ, E. Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista. Guamiranga. PR. **Revista Online Caminhos da Geografia.** v.8 n.21, 2007.
- ARAÚJO, G. M. **A degradação dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Igarapé na mata fome, Belém - PA: uma consequência do processo de urbanização.** 2007. 93 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Serviço Social) - Centro Tecnológico, Universidade Federal do Pará, Belém, 2007.
- ASSAD, M. L. L.; ASSAD, E. D.; EVANGELISTA, B. A. Chuvas Extremas na Região dos Cerrados. *In: ASSAD, E. D. (org.). Chuva nos Cerrados: Análise e Espacialização.* Brasília: EMBRAPA – CPAC, 1994.
- BAJABAA, S.; MASOUD, M.; AL-AMRI, N. Flash flood hazard mapping based on quantitative hydrology, geomorphology and GIS techniques (case study of Wadi Al Lith, Saudi Arabia). **Arab J Geosci,** v. 7, p. 2469–2481, 2014.
- BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. **Atmosfera, tempo e clima.** Tradução Ronaldo Costa. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BARTHOLO, J. A. Eficiência potencial de processos convencionais e especiais do tratamento de água para remoção de parâmetros ligados à agricultura. **Boletim Técnico**, 41. Belo Horizonte: EPAMIG. 1994. 48 p.

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

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 9. ed. São Paulo: Ícone, 2004. 355p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 9. ed. São Paulo: Ícone, 2014.

BERTRAND, G.; BERTRAND, C. **Uma Geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades**. Maringá: Massoni, 2007.

BOTELHO, Rosangela Garrido Machado. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. *In*: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. (org.). **Erosão e conservação dos solos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. Bacia hidrográfica e a qualidade ambiental. *In*: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T (org.). **Reflexões Sobre a Geografia Física no Brasil**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

BRANDÃO, M.; CARVALHO, P. G. S.; BARUQUI, F. M. Veredas: uma abordagem integrada. **Daphne**, Belo Horizonte, v. 1, n. 3, p. 5-8, 1991.

BRASIL. **Lei nº 9.433**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, Brasília, Janeiro de 1997.

BRASIL, Presidência da República. **Lei Nº 9.984**, de 17 de julho de 2000. Dispõe Sobre a Criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.ceivap.org.br/ligislacao/Leis-Federais/Lei-Federal-9984.pdf>. Acesso em: 25 de abril de 2020.

BRASIL. **Lei Federal nº 12.727** de 18 de Outubro de 2012. Altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; e revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei nº 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2 do art. 4 da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, 18/10/2012.

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

CARDOSO, C. A *et al.* Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Árvore**, v. 30, n. 2, p.241-248, 2006.

CARVALHO, P. G. S. As veredas e sua importância no domínio dos cerrados. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 5, n. 168, p. 54-56, 1991.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgar Blücher, 1991.

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

CHRISTOFOLETTI, A. Sistemas Dinâmicos: As abordagens da Teoria do Caos e da Geometria Fractal em Geografia. *In*: VITTE, Antonio Carlos; GUERRA, Antonio José Teixeira (org.). **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

CHRISTOFOLETTI, A. As perspectivas dos estudos geográficos. *In*: CHRISTOFOLETTI, A. (org.). **Perspectivas geográficas**. São Paulo: DIFEL, 1982.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagens de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blucher, 1999.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 18, n. 9, p. 35-64, 1969.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. *In*: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. p. 93-148.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. *In*: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

COLLARES, E. G. **Avaliação de alterações em redes de drenagem de microbacias como subsídio ao zoneamento geoambiental de bacias hidrográficas: aplicação na bacia hidrográfica do rio Capivari - SP**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 2000, 194f. (Tese de Doutorado).

CORRÊA, E.S.; COSTA, F.P.; MELO FILHO, G. A de; PEREIRA, M.A.A Sistemas de produção melhorados para gado de corte em Mato Grosso do SUL. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2006. 11 p. (Embrapa Gado de Corte. Comunicado Técnico, 102).

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, 2001. p. 211-246.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. (org.). Geomorfologia e meio ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand, 2003.

CUNHA e SILVA, D. C.; *et al.* Uso de indicadores morfométricos como ferramentas para avaliação de bacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 2, p. 627-642, 2016.

DAVIS, C.; CÂMARA, G. Arquitetura de sistemas de informação geográfica. *In*: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. 345 p.

EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo / Paulo César Teixeira ... [et al.], editores técnicos. – 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2017.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos / Humberto Gonçalves dos Santos ... [et al.], editores técnicos. – 5. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018.

ESA - EUROPEAN SPACE AGENCY. **Level-1**. 2019b. Disponível em: <<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/processinglevels/level-1>>. Acesso em 16/03/2020.

ESRI. ECONOMIC AND SOCIAL RESEARCH INSTITUTE. **ArcGIS**. 2014.

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.

FARINA, A. **Principles and methods in landscape ecology**. London: Chapman & Hall. 1998. 235 p.

FINKLER, Raquel. **Planejamento, manejo e gestão de bacias** - A bacia hidrográfica. Curitiba, 2014. Disponível em: [https://planejamento.mppr.mp.br/arquivos/File/bacias\\_hidrograficas/planejamento\\_manejo\\_e\\_gestao\\_unidade\\_1.pdf](https://planejamento.mppr.mp.br/arquivos/File/bacias_hidrograficas/planejamento_manejo_e_gestao_unidade_1.pdf). Acesso em: 20 mai. 2020.

GALDINO, Sergio. **Estimativa da perda de terra sob pastagens cultivadas em solos arenosos da bacia hidrográfica do Alto Taquari – MS//MT**. 2012. TESE (Doutorado em Engenharia Agrícola na área de concentração Planejamento e Desenvolvimento Rural Sustentável) – Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de Engenharia Agrícola, São Paulo, 2012.

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. A. **Hidrologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1988. 291 p.

GOIÁS. **Lei nº. 13.123**. Estabelece normas de orientação à política estadual de recursos hídricos. 1997.

GOIÁS. Organizado por Edgardo M. Latrubesse e Thiago Morato de Carvalho. Secretaria de Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. Geomorfologia do estado de Goiás e Distrito Federal. Goiânia: SIC/SGM, 2006a.

GREGORY, K. J.; WALLING, D. E. **Drainage Basin Form and Process A Geomorphological Approach**. London: Edward Arnold, 1973.

GUERRA, A. J. T.; BOTELHO, R. G. M. Erosão dos Solos. *In*: CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. (org.). **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

GUERRA, A. J. T.; MENDONÇA, J. K. S. Erosão dos solos e a questão ambiental. *In*: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. p. 225-256.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

GUERRA, A. J. T. O Início do Processo Erosivo. *In*: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (org.). **Erosão e Conservação dos Solos** – Conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro, Editora Bertrand Brasil, 1999.

GUIMARÃES, A. J. M. **Características do solo e da comunidade vegetal em área natural e antropizada de uma vereda na região de Uberlândia, MG**. 2001. Desertação (Mestrado em Ecologia e Conservação dos Recursos Naturais do Solo) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**, v. 56, p. 807-813, 1945.

HOWARD, A. D. Drainage analysis in geologic interpretation: summation. **Bulletin American Association of Petroleum Geologist**, 51(11): 2246-2259, 1967.

INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Disponível em 18 de junho de 2020. [http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=sobre\\_inmet](http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=sobre_inmet)

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Diretoria de Geociências Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manuais Técnicos em Geociências, número 4: Manual Técnico de Pedologia**. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em:

[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/sistematizacao/manual\\_pedologia.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/sistematizacao/manual_pedologia.shtm). Acesso em: 27jun. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2013. (Manuais técnicos em Geociências n. 7). Disponível em: < <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf>> Acesso em 26/06/2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. c. Diretoria de Geociências Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Manuais Técnicos em Geociências, número 5: Manual Técnico de Geomorfologia. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/sistematizacao/manual\\_geomorfologia.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/sistematizacao/manual_geomorfologia.shtm). Acesso em: 27 out. 2020.

IMB. Instituto Mauro Borges de Estatísticas Socioeconômicos. Goiás em Dados. Secretaria do Estado de Gestão e Planejamento. Goiânia, 2017.

JOHNSON, L. B.; GAGE, S. H. Landscape approaches to the analysis of aquatic ecosystems. **Freshwater Biology**, v. 37, p. 113-132. 1997.

JOHNSTON, C. A. **Geographic Informations Systems in Ecology**. Oxford: Blackwell Science Ltda. 1998.

JORGE, F. N.; UEHARA, K. Águas de Superfície. In: OLIVEIRA, A. M. dos S.; BRITO, S. N. A. de. (org.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: ABGE, 1998, p. 69-85.

KER, J. C. **Pedologia: fundamentos**. Viçosa: SBCS, 2012.

LANA, C. E. *et al.* Análise morfométrica da bacia do rio Tanque, MG. Brasil. **Rem: Ver. Escola de Minas**, v.54, n. 2, p.121-126, 2001.

LANA, C. L.; ALVES, J. M. de P.; CASTRO, P de T. A. Análise morfométrica da bacia do rio Tanque, MG-Brasil. **Rev. Escola de Minas**, Ouro Preto, v.54, n.2, 2001.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da Paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina de textos, 2009.

LEAL, M. S. **Gestão ambiental de recursos hídricos: princípios e aplicações**. Rio de Janeiro: CPRM, 1998.

LIMA, A. G. A bacia hidrográfica como recorte de estudos em Geografia Humana. **Geografia** (Londrina), v. 14, p. 173-183, 2005.

LIMA, W. P. **Princípios de manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: ESALQ. USP, 1976.

LIMA, W. P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: ESALQ, 1986. 242p.

LIMA NETO, R. T. *et al.* Análise morfométrica e ambiental da microbacia hidrográfica do rio Granjeiro, Crato/CE. **Rem: Revista Escola de Minas**, v. 61, n. 3, p. 365-369, 2008.

LINDNER, E. A.; GOMIG, K.; KOBIYAMA, 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.

MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H. Sistemas pasto-lavoura e seus efeitos na produtividade agropecuária. *In: FAVORETTO, V.; RODRIGUES, L.R.A.; REIS, R.A. (Eds.) Simpósio Sobre Ecossistemas das Pastagens*, 2, 1993. Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP: UNESP, 1993, p.216-245.

MACEDO, M. C. M. 1999. Degradação de Pastagens: Conceitos e Métodos de Recuperação. *In: Anais do Simpósio Sustentabilidade da Pecuária de Leite no Brasil*. Editado por Vilela, Duarte; Martins, Carlos Eugênio; Bressan, Matheus e Carvalho, Limírio de Almeida. Embrapa Gado de Leite. p.137-150.

MACEDO, M. C. M. 2001 a. Degradação de pastagens: conceitos, alternativas e métodos de recuperação. Curso de Pastagens, maio de 2001. **Embrapa Gado de Corte**, Campo Grande, MS, Impresso 12p.

MACEDO M. C. M. 1997. Sustainability of Pasture Production in the Savannas of Tropical America. *In: Proceedings of the XVIII International Grassland Congress*. Session 21-Temperate and Tropical Native Grasslands, Winnipeg, Manitoba, Canada. v. 4: p. 7-16.

MACHADO, L. E. G; LIMA, C. Valéria. Análise do processo de ocupação e uso atual do solo da bacia hidrográfica do Rio Vermelho (GO) utilizando imagens LANDSAT 5 TM. *In: Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE, p.6719.

MARCHINI, D.; LING, T.; ALVES, M.; CRESTANA, S.; SOUTO FILHO, S. N.; ARRUDA, O. G. Matéria orgânica, infiltração e imagens tomográficas de latossolo em recuperação sob diferentes tipos de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.6, p.574-580, 2015. DOI:<http://dx.doi.org/10.1590/18071929/agriambi.v19n6p574-580>

MAGESH, N. S. *et al.* Geographical information system-based morphometric analysis of Bharathapuzha river basin, Kerala, India. **Applied Water Sciences**, v. 3, p. 467–477, 2013.

MAGESH, N. S.; JITHESHLAL, K. V.; CHANDRASEKAR, N.; JINI, K. V. GIS based morphometric evaluation of Chimmini and Mupily watersheds, parts of Western Ghats, Thrissur District, Kerala, India. **Earth Science Informatics**, v.5, n.2, p.111-121, 2012.

MATTOS, S. H. V. L.; PEREZ FILHO, A. Complexidade e estabilidade em sistemas geomorfológicos: uma introdução ao tema. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. Uberlândia (MG). n. 1, 2004.

MENDONÇA, S. **Geografia Física: Ciência Humana?** São Paulo: Contexto, 1989.

MENDONÇA, S. **Geografia e meio ambiente**. 7. ed. São Paulo: Contexto, 2004.

MEIRELLES, M. L.; GUIMARÃES, A. J. M.; OLIVEIRA, R. C. De; ARAÚJO, G. M. De; MIRANDA, I. S.; ABSY, M. L. Fisionomia das savanas de Roraima, Brasil. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 30, n. 3, p. 423-440, 2000.

MOREIRA, C. V. R.; NETO, A. G. P. Clima e Relevo. *In*: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia e Engenharia, 1998.

NASCIMENTO, M. A. S. do. O Meio Físico do Cerrado: Revisitando a Produção Teórica Pioneira. *In*: ALMEIDA, M. G. de. (Org.) **Abordagens Geográficas de Goiás: o natural e o social na contemporaneidade**. Goiânia: IESA, 2002.

NASCIMENTO, Flávio R. do; CARVALHO, Osires. Bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão geoambiental: uma proposta metodológica. **Revista Fluminense de Geografia**, n. 2 Niterói, 2003. Disponível em [http://www.agbniteroi.org.br/Revista2/rfg2\\_texto4.htm](http://www.agbniteroi.org.br/Revista2/rfg2_texto4.htm), Acesso em 10 de mai. 2020.

NASCIMENTO, F. R.; SAMPAIO, J. L. F. Geografia Física, Geossistemas e Estudos Integrados da Paisagem. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, Sobral. V. 6/7, n.1, p.167-179, 2005.

NEVES, C. E. das. **“Geossistema: a história de uma pesquisa” – trajetórias e tendências no Estado de São Paulo**. 191 f. (Dissertação de Mestrado em Geografia). Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Londrina, Paraná, 2014.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; MARTINS, F. R. Distribuição, caracterização e composição florística das formações vegetais na região da Salgadeira, na Chapada dos Guimarães – MT. **Revista Brasileira de Botânica**, vol 9, n. 2, 1986. p. 207-223.

PEREIRA, D. S. P.; JOHNSON, R. M. F. Descentralização da gestão dos recursos hídricos em bacias nacionais no Brasil. **REGA**, v. 2, n. 1, p. 53-72, jan./jun. 2005.

PIRES, J. S. R; SANTOS, J. E. Bacias Hidrográficas - Integração entre meio ambiente e desenvolvimento. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 110, p. 40-45, 1995.

PIROLI, E. L. **Introdução ao Geoprocessamento**. Universidade Estadual Paulista. 46 p. Ourinhos (SP), 2010.

POLETO, C. **Monitoramento e avaliação da qualidade da água de uma microbacia hidrográfica no município de Ilha Solteira - SP**. 2003. 161 f. Dissertação (Mestre em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais). Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2003.

PORTO, M. F. A.; LA LAINA PORTO, R. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008.

PRADO, H. **Solos do Brasil: gênese, morfologia, classificação e levantamento**. Fundação Biblioteca Nacional. 2000. 182p.

PRIOSTE, M. A. O. **Bacia Hidrográfica do Rio das Ostras: proposta para gestão ambiental sustentável**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. UERJ. Rio de Janeiro, 2007.

PRUSKI, F. F. **Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. Viçosa, MG: UFV, 2006.

RATTER, J. A.; RICHARDS, P. W.; ARGENT, G.; GIFFORD, D. R. Observations on vegetation of northeastern Mato Grosso. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, Series B. Biological Sciences, London, v. 226, n. 880, p. 449-492, 1973.

REATTO, A. *et al.* Solos do Bioma Cerrado: Aspectos pedológicos. *In*: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (orgs). **Cerrado: Ambiente e Flora**. Embrapa Cerrados – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

RODRIGUES, V. A.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M.; TARJUELO, J. M.; SARTORI, M. M. P.; CANALES, A. R. Avaliação do escoamento e interceptação da água das chuvas. **Irriga**, v.1, p.1- 13, 2015. Edição especial, 20 anos Irriga + 50 anos FCA. DOI: 10.15809/irriga.2015v1n1p01.

RODRIGUES, A. B; SILVA, J, A, B; BARROSO, R. C. A. O Surgimento da ciência geográfica: Alexander Von Humboldt e Karl Ritter. **Colóquio Internacional São Cristóvão/SE/Brasil**. Educação e Contemporaneidade. VIII. 2014. SE.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. D.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geoecologia da paisagem: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. Fortaleza: EDUFC, 2013.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. A. **Planejamento e Gestão Ambiental: subsídios da geoecologia das paisagens e da teoria geossistêmica**. Fortaleza: Edições UFC, 2013.

ROSA, M. R.; ROSS, J. L. Aplicação de SIG na geração de cartas de fragilidade. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 13, 1999.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil. Subsídios para planejamento ambiental.** São Paulo: Oficinas de texto, 2006.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (ed.). **Cerrado: ambiente e flora.** Brasília, Embrapa Cerrados, 1998. p.87-166.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de; RIBEIRO, J. F. (ed.). **Cerrado: ecologia e flora**, v. 2. Brasília: EMBRAPA-CERRADOS, 2008. 876 p.

RIBEIRO, J. F.; SANO, S. M.; MACÊDO, J.; SILVA, J. A. Os principais tipos fitofisionômicos da região dos Cerrados. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1983. 28 p. Embrapa-CPAC. **Boletim de Pesquisa**, 21.

SAMPAIO, T. V. M. **Parâmetros morfométricos para melhoria da acurácia do mapeamento da rede de drenagem – uma proposta baseada na análise da bacia hidrográfica do rio Benevente – ES.** Tese (Doutorado). Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

SANO, E. E.; BARCELLOS; BEZERA, H. S. Assessing the spatial distribution of cultivated pastures in the Brazilian Savanna. **Pasturas Tropicales**, v.22, n.3, 2001. p. 2-15.

SANT'ANNA NETO, J. L. **História da Climatologia no Brasil: gênese e paradigmas do clima como fenômeno geográfico.** 2001. 169 f. Tese (Livre docência) – Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

SANTOS, R. F. dos. **Planejamento ambiental: teoria e prática.** São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184 pp

SANTOS, E. H. M.; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, L. F. C. Relação entre uso do solo e comportamento hidrológico na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p. 826-834, 2010.

SANTOS, C. A. dos; SOBREIRA, F. G. Análise morfométrica como subsídio ao zoneamento territorial: o caso das bacias do Córrego Carioca, Córrego do Bação e Ribeirão Carioca na região do Alto Rio das Velhas-MG. **Rem: Revista Escola de Minas**, v. 61, n. 1, p. 77-85, 2008.

SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy. **Geological Society of America Bulletin**, n. 67, 1956.

SHELEME, B. Characterization of soils along a toposequence in Gununo area, southern Ethiopia. **Journal of Science and Development**, v. 1, n. 1, p. 31-41, 2011.

SIQUEIRA, M. N.; CASTRO, S. S.; FARIA, K. M. S. Geography and landscape Ecology: points for discussions. **Sociedade & Natureza**, n. 25.3 p. 557-566, 2013.

SOTCHAVA, Viktor B. O estudo de Geossistemas. **Métodos em Questão**. São Paulo: USP/IG, 1977, n. 16.

SOUZA, J. C. *et al.* Avaliação dos aspectos físico-químicos dos solos em diferentes coberturas vegetais. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 49, p. 123-139, set. 2018.

SOUZA, J.; MARTINS, P.; DRUCIAKI, V. Uso e cobertura do solo no Cerrado: panorama do período de 1985 a 2018. **Élisée - Revista De Geografia Da UEG**, 9(2), e 922020. 2020. Recuperado de <https://www.revista.ueg.br/index.php/elisee/article/view/10857>

SOUZA, Sírius Oliveira; OLIVEIRA, Regina Célia de. Considerações sobre a geografia física: conceitos, métodos e aplicações. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, p.3483-3494, 2017.

SPADOTTO, C. A. Ocupação agrícola: a importância da gestão territorial. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v. 32, n. 9, p. 31. set. 2012.

SPERLING, M. V. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**: princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Belo Horizonte: UFMG, 2007. 196 pp.

STRAHLER, A.N. Hypsometric (area-altitude) analysis and erosional topography. **Geological Society of America Bulletin**, v. 63, p.1117-1142, 1952.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions of the American Geophysical Union**, v. 38, n. 6, p.913–920, 1957.

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

TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L.; ALVARES, C. A.; RIBEIRO, S.; LEITE, F. P. Morfometria da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões - MG. **Revista Árvore**, v.30, n. 5, p.849-857, 2006.

TRAJANO, S. R. R. da S. *et al.* Análise morfométrica de bacia hidrográfica: subsídio à gestão territorial, estudo de caso no alto e médio Mamanguape. Campinas, SP, 2012. 33 p. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Gestão Territorial**.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1977.

TROPPEMAIR, H. **Biogeografia e Meio Ambiente**. 6. ed. Rio Claro: Divisa, 2004.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3. ed. Porto Alegre: ABRH, 2004.

TUCCI, C. E. M.; MENDES, C. A. Curso de avaliação ambiental integrada de bacia - Ministério do Meio Ambiente. Brasília: **Secretaria de Qualidade Ambiental** - Rhama Consultoria Ambiental, 2006. 319 p.

TUCCI, C. E. M. 1997. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 1997. (Col. ABRH de Recursos Hídricos, v.4).

VALERIANO, M. M. Curvatura vertical de vertentes em microbacias pela análise de modelos digitais de elevação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 539-546, 2003. 25.

VALERIANO, M. M.; CARVALHO JÚNIOR, O. A. Geoprocessamento de modelos digitais de elevação para mapeamento da curvatura horizontal em microbacias. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 4, n. 1, p. 17-29, 2003.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Versão Digital 2. Recife-PE, 2006. 449 p.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: UFV, 1991. p. 113-122.

VIEIRA, P. A.; FERREIRA, M. E.; FERREIRA, L. G. Modelagem Dinâmica da Paisagem Aplicada à Análise da Cobertura e Uso do Solo na Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho, Estado De Goiás. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, N. 67/6, p. 1217-1230, Set/Out/2015.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.

VITTE, Antônio Carlos; GUERRA, Antônio José Teixeira. **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. 160 e 161 p.