

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS CERES
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

POTENCIAL HÍDRICO DA SUB-BACIA DO ALTO DO RIO
TOCANTINS E RIO PRETO, NO MUNICÍPIO DE IPIRANGA
DE GOIÁS

Autora: Marcia Rodrigues de Oliveira
Orientador: Prof. Dr. Antônio Evami Cavalcante Sousa
Coorientador: Prof. Dr. José Luiz Cabral da Silva Júnior

CERES - GO
Agosto - 2022

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS CERES
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

POTENCIAL HÍDRICO DA SUB-BACIA DO ALTO DO RIO
TOCANTINS E RIO PRETO, NO MUNICÍPIO DE IPIRANGA
DE GOIÁS

Autora: Marcia Rodrigues de Oliveira
Orientador: Prof. Dr. Antônio Evami Cavalcante Sousa
Coorientador: Prof. Dr. José Luiz Cabral da Silva Júnior

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO, ao Programa de Pós-Graduação em Irrigação no Cerrado, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Ceres.

Área de concentração: Irrigação.

CERES - GO
Agosto - 2022

Ficha Catalográfica (elaborada pela Biblioteca)

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

C287p CARMO, MARCIA RODRIGUES DE OLIVEIRA
POTENCIAL HÍDRICO DA SUB-BACIA DO ALTO DO RIO
TOCANTINS E RIO PRETO, NO MUNICÍPIO DE IPIRANGA DE
GOIÁS / MARCIA RODRIGUES DE OLIVEIRA CARMO;
orientador ANTONIO EVAMI CAVALCANTE SOUSA; co-
orientador José Luiz Cabral da Silva JÚNIOR. --
Ceres, 2022.
97 p.

Dissertação (Mestrado em Mestrado em IRRIGAÇÃO NO
CERRADO) -- Instituto Federal Goiano, Campus Ceres,
2022.

1. Hierarquização. 2. uso e ocupação. 3.
microbacia. 4. morfometria.. 5. recursos hídricos..
I. SOUSA, ANTONIO EVAMI CAVALCANTE , orient. II.
JÚNIOR, José Luiz Cabral da Silva , co-orient. III.
Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

<input checked="" type="checkbox"/> Tese (doutorado)	<input type="checkbox"/> Artigo científico
<input checked="" type="checkbox"/> Dissertação (mestrado)	<input type="checkbox"/> Capítulo de livro
<input type="checkbox"/> Monografia (especialização)	<input type="checkbox"/> Livro
<input type="checkbox"/> TCC (graduação)	<input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento
<input type="checkbox"/> Produto técnico e educacional - Tipo:	<input type="checkbox"/>
Nome completo do autor: <input type="text"/>	Matrícula: <input type="text"/>
<input type="text" value="MARCIA RODRIGUES DE OLIVEIRA CARMO"/>	<input type="text" value="2020203330640056"/>
Título do trabalho: <input type="text" value="POTENCIAL HÍDRICO DA SUB-BACIA DO ALTO DO RIO TOCANTINS E RIO PRETO, NO MUNICÍPIO DE IPIRANGA DE GOIÁS"/>	

RESTRICÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: / /

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Local

Marcia Rodrigues de Oliveira

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Antonio Vanni Cavalcante Sousa

Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Formulário 583/2022 - GE-CE/DE-CE/CMPCE/IFGOIANO

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS CERES
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

**POTENCIAL HÍDRICO DA SUB BACIA ALTO DO RIO TOCANTINS E RIO
PRETO, NO MUNICÍPIO DE IPIRANGA DE GOIÁS.**

Autora: Márcia Rodrigues de Oliveira

Orientador: Prof. Dr. Antonio Evami Cavalcante

Sousa

Co-orientador: Prof. Dr. José Luiz

Cabral da Silva Júnior

TITULAÇÃO: Mestre em Irrigação no Cerrado – Área de Concentração:
Irrigação

APROVADO em: 26 de agosto de 2022.

Prof. Dr. Antonio Evami Cavalcante Sousa

Presidente da banca
IF Goiano - Campus Ceres

Prof. Dr. Frederico Antonio Loureiro Soares

Avaliador Interno
IF Goiano - Campus Rio Verde

Prof. Dr. Luiz Carlos Guerreiro Chaves

Avaliador Externo
Faculdade Terra Nordeste - Campus Caucaia

Documento assinado eletronicamente por:

- JOSE LUIZ CABRAL DA SILVA JÚNIOR, JOSE LUIZ CABRAL DA SILVA JÚNIOR - Professor Avaliador de Banca - Universidade Estadual do Tocantins - Unitins (01637536000185), em 31/08/2022 16:50:57.
- Frederico Antonio Loureiro Soares, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 29/08/2022 16:03:47.
- Luiz Carlos Guerreiro Chaves, Luiz Carlos Guerreiro Chaves - Professor Avaliador de Banca - Sociedade Uninordeste de Educacao - Faculdade Terra Nordeste - Fatene (33569824000136), em 26/08/2022 21:29:47.
- Antonio Evami Cavalcante Sousa, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 26/08/2022 21:28:26.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 25/08/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 419007
Código de Autenticação: 197a11d80e



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Ceres

Rodovia GO-154, Km.03, Zona Rural, None, None, CERES / GO, CEP 76300-000

(62) 3307-7100

A meus pais, Francisca Inácio da Cruz Oliveira e Marcondes Rodrigues de Oliveira Silva, por todo amor, carinho, incentivo e apoio, estando comigo em todos os momentos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por sempre estar guiando meus passos, abençoando minha vida e me proporcionando sabedoria e força para prosseguir.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Antônio Evami Cavalcante Sousa, pela dedicação e paciência, orientando-me durante todas as etapas do mestrado. Ao Prof. Dr. Luís Sérgio Rodrigues Vale, pelos valiosos ensinamentos. Ao Prof. Dr. Henrique Fonseca Elias de Oliveira, pela orientação do tema da minha pesquisa.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. José Luiz Cabral da Silva Júnior, pelos ensinamentos, paciência e dedicação do seu tempo em transmitir seus conhecimentos.

Aos meus colaboradores Valci Romualdo, Washington Silva, Alef Nogueira, Edhiones Lima Reis, Leandro Freitas, Jaqueline Lima da Conceição Souza, Caroline Monteiro, que me acompanharam e contribuíram durante a pesquisa.

Agradeço aos meus familiares, em especial aos meus pais, Francisca Inácio da Cruz Oliveira e Marcondes Rodrigues de Oliveira Silva, por sempre estarem presentes, acreditar nos meus sonhos e ajudar a realizá-los.

Ao meu esposo José dos Reis do Carmo, por estar ao meu lado, ajudando-me a alcançar meus objetivos.

Às minhas irmãs e sobrinhas Maristela, Flavia, Fabricia, Samuel, Lethycia e Raquel, pela compreensão em alguns momentos de minha ausência.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Ceres e a todo o seu corpo docente, por proporcionarem aprendizado de qualidade e o curso de Mestrado em Irrigação no Cerrado.

A todos os professores do Curso de Pós-Graduação em Irrigação no Cerrado, por todos os ensinamentos e dedicação, pela experiência compartilhada, pois foram fundamentais na minha formação profissional.

A todos que contribuíram para a realização desta dissertação, direta ou indiretamente, os meus sinceros reconhecimentos e minha gratidão. Muito obrigada!

BIOGRAFIA DA AUTORA

Marcia Rodrigues de Oliveira Carmo, natural de Porangatu – Goiás. Tem curso Técnico em Saneamento Ambiental pelo então Instituto Federal de Goiás – Campus Goiânia, cursado entre os anos de 2002 e 2004. É Engenheira Ambiental, com conclusão no ano de 2008, pela Universidade Federal do Tocantins - Campus Palmas. Especialista em Geoprocessamento, com conclusão no ano de 2011, pela Universidade de Brasília. É Engenheira de Segurança do Trabalho, com conclusão no ano de 2016, pela Faculdade de Rio Verde. No ano de 2020, ingressou no Curso de Pós-Graduação em Irrigação no Cerrado no Instituto Federal Goiano - Campus Ceres, sob orientação do professor Dr. Antônio Evami Cavalcante Sousa e Coorientação do professor Dr. José Luiz Cabral da Silva Júnior.

RESUMO

OLIVEIRA, MARCIA RODRIGUES. Instituto Federal Goiano – Campus Ceres – GO, agosto de 2022. **Avaliação do Potencial Hídrico da Sub-Bacia do Alto do Rio Tocantins e Rio Preto, no Município de Ipiranga de Goiás.** Orientador: Dr. Antônio Evami Cavalcante Sousa, Coorientador: Dr. José Luiz Cabral da Silva Júnior.

Os recursos hídricos sempre foram e serão um dos maiores potenciais dos recursos naturais essenciais para o desenvolvimento de uma região, portanto, para conhecer a dinâmica da qualidade da água, a influência do uso e ocupação do solo. O objetivo geral desta pesquisa foi avaliar o potencial hídrico da Microbacia do Córrego Seco, os aspectos morfométricos e do uso e ocupação do solo, com foco nas áreas cultivadas com os usos da água e do solo dos mananciais no município de Ipiranga de Goiás. O mapeamento do uso e ocupação do solo propicia a tomada de decisão no monitoramento das bacias hidrográficas, para o planejamento territorial do uso sustentável e legal dos recursos naturais. Exemplificando, o presente trabalho fez o monitoramento da vazão de 10 córregos e o uso e ocupação da terra na Microbacia do Córrego Seco, inserida na Bacia do Alto do Rio Tocantins e do Rio Preto, no Município de Ipiranga de Goiás. Tal monitoramento foi feito para o intervalo de um ano, compreendido entre abril de 2021 e abril de 2022. Os córregos são de fundamental importância neste município, sendo capazes de fornecer água para a irrigação de extensas áreas de cultivo de cana-de-açúcar, agropecuária e para irrigação de pequenas lavouras de grãos e hortas frequentes na região. Assim, o presente estudo foi direcionado à caracterização da variabilidade temporal e espacial da quantidade de água dos mananciais, além de verificar a disponibilidade hídrica. A maior vazão encontrada foi no Córrego Seco IIA, com 4.611,1 L/s, e no período de estiagem, com destaque para agosto de 2021, em que a vazão atingiu seu menor valor (74,7 L/s). As respostas de vazão dos córregos monitorados apresentaram correlação com o regime de chuva na região e com o uso e ocupação do solo da microbacia. Sob a ótica

de gestão sustentável das bacias hidrográficas, sugere-se que os proprietários inseridos na Microbacia do Córrego Seco invistam em técnicas de proteção dos mananciais para alcançar os limites de Área de Preservação Permanente das nascentes, conforme exigência da legislação ambiental.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica. Medição da vazão d'água. Morfometria, monitoramento. Uso de cobertura do solo.

ABSTRACT

OLIVEIRA, MARCIA RODRIGUES. Goiano Federal Institute, Ceres Campus, Goiás State (GO), Brazil, August 2022. **Water potential assessment of the *Alto do Rio Tocantins* and of the *Rio Preto* sub-basin in the municipality of *Ipiranga de Goiás* Goiás State, Brazil.** Advisor: Prof. Dr. Sousa, Antônio Evami Cavalcante. Co-advisor: Prof. Dr. Silva Júnior, José Luiz Cabral da.

Water resources have always been and will be one of the greatest potentials of natural resources essential for any region development; therefore, it is essential to know the water quality dynamics, the influence of land use and occupation, and the seasonality effect importance for water resources engineering. This paper has as general objective to evaluate the water potential of the *Córrego Seco* river microbasin, the morphometric aspects, and the soil use and occupation, focusing on the cultivated areas and on the water sources in the municipality of *Ipiranga de Goiás*, Goiás State, Brazil. The mapping of soil use and occupation provides decision-making to monitor the hydrographic basins, aiming to territorial planning for the sustainable and legal use of natural resources. For example, this work monitored the flow of ten streams and the land use and occupation in the *Córrego Seco* microbasin, belonging to the *Alto do Rio Tocantins* and *Rio Preto* basins in the municipality of *Ipiranga de Goiás*. Such monitoring was carried out from April 2021 to April 2022. Streams are of fundamental importance in this municipality, because they can supply water to irrigate extensive areas of sugarcane cultivation, to support livestock, and to irrigate other small grain crops and vegetable gardens, common in this region. Therefore, this study focused on characterizing the temporal and spatial variability of the water amount in the springs, in addition to verify the water availability. The highest flow found was in *Córrego Seco IIIA* with 4,611.1 L/s; in the dry season, especially August 2021, the flow reached a lower value (74.7 L/s). The flow responses of the monitored

streams were correlated with the rainfall regime in the region and with the use and occupation of the microbasin's soil. From the perspective of sustainable management of hydrographic basins, it is suggested that landowners established in the *Córrego Seco* microbasin invest in watershed protection techniques to reach the limits of the Permanent Preservation Area of the springs as required by environmental legislation.

Keywords: Hydrographic basin, Land cover use. Monitoring. Morphometry. Water flow measurement. Watershed.

LISTA DE TABELAS E QUADROS

	Página
Tabela 4.1	Resultados dos parâmetros morfométricos da microbacia do município de Ipiranga de Goiás..... 16
Tabela 5.1	Córregos e coordenadas geográficas no município de Ipiranga de Goiás..... 29
Tabela 5.2	Critérios para posicionamento de verticais em relação a profundidade do rio em uma seção transversal..... 39
Tabela 5.3	Recomendações para o número de verticais em uma seção transversal..... 40
Tabela 5.4	Classes de cobertura e uso da terra e as áreas e percentuais..... 46
Tabela 5.5	Vazão máxima e mínima dos corpos d'água avaliados..... 58
Quadro 5.1	Classes de cobertura e uso da terra e suas respectivas características 45
Quadro 5.2	Outorga do Córrego Seco, na microbacia do Córrego Seco..... 58
Quadro 5.3	Outorga do Córrego Seco na sua microbacia..... 59

LISTA DE FIGURAS

		Página
Figura 4.1	Delimitação e mapeamento da microbacia do Córrego Seco, com os pontos de coleta, município de Ipiranga de Goiás.....	10
Figura 4.2	Resumo esquemático dos procedimentos metodológicos utilizados.....	12
Figura 4.3	Mapa da hipsometria do município de Ipiranga de Goiás.....	18
Figura 4.4	Mapa da hierarquização dos corpos d'água na micorbacia do Córrego Seco.....	19
Figura 5.1	Resumo esquemático dos procedimentos metodológicos utilizados.....	30
Figura 5.2	Localização e identificação dos pontos de coleta e medições da vazão na microbacia do Córrego Seco.....	31
Figura 5.3	Molinete hidrométrico de Newton (1), Contador de pulsos (2), Corda e trena (3), Planilha de dados (4) Estacas (5) Montagem para a medição da vazão (6).....	32
Figura 5.4	Mapa de precipitação média anual do município de Ipiranga de Goiás.....	34
Figura 5.5	Método da meia seção utilizado para a estimativa das velocidades nas verticais.....	40
Figura 5.6	Mapa da classificação de OTTO Pfafstetter da microbacia Córrego Seco.....	44
Figura 5.7	Mapa da classificação de uso e ocupação da microbacia do Córrego Seco.....	50
Figura 5.8	Mapa de caracterização de 46 nascentes da microbacia do Córrego Seco no município de Ipiranga de Goiás.....	51
Figura 5.9	Gráfico de vazões médias mensais de abril/2021 a abril/2022 em Córrego Seco.....	52
Figura 5.10	Gráfico de vazões médias mensais de abril/2021 a abril/2022, em Córrego União.....	52
Figura 5.11	Gráfico de vazões médias mensais de abril/2021 a abril/2022 no Córrego Seco I.....	53

Figura 5.12	Gráfico de vazões médias mensais de abril/2021 a abril/2022 em Córrego Grande.....	54
Figura 5.13	Gráfico de vazões médias mensais de abril/2021 a abril/2022 em Córrego Barraca.....	54
Figura 5.14	Gráfico de vazões médias mensais de abril/2021 a abril/2022 em Córrego Javaés.....	55
Figura 5.15	Gráfico de vazões médias mensais de abril/2021 a abril/2022 em Córrego Cristal.....	55
Figura 5.16	Gráfico de vazões médias mensais de abril/2021 a abril/2022 em Córrego Seco II A.....	56
Figura 5.17	Gráfico de vazões médias mensais de abril/2021 a abril/2022 em Córrego Seco II B.....	57
Figura 5.18	Gráfico de vazões médias mensais de abril/2021 a abril/2022 em Córrego Seco/Grande (encontro).....	57

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

Sigla	Significado
APP	Área de Preservação Permanente
ADCP	Acoustic Doppler Current Profiler
ADV	Acoustic Doppler Velocimeter
ANA	Agência Nacional de Águas
APA	Área de Proteção Ambiental
Cm	Coefficiente de manutenção
Dd	Densidade de drenagem
Dh	Densidade hidrográfica
F	Índice de conformação ou fator de forma
GPS	Global positioning system
h	Horas
ha	Hectares
Hm	Amplitude altimétrica
Ic	Índice de circularidade da bacia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Ir	Índice de rugosidade
Is	Índice de sinuosidade
Kc	Índice de compacidade
Km	Quilômetros
Lc	Comprimento dos canais
Lp	Comprimento do rio principal
Lw	Comprimento médio dos canais
m	Metros
MDE	Modelo Digital de Elevação
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
Nw	Número de canais

P Perímetro
L/s Litros por segundo

SUMÁRIO

	Página
1	INTRODUÇÃO..... 1
2	OBJETIVOS..... 4
3	REFERÊNCIAS..... 5
4	CAPÍTULO I..... 7
4.1	Introdução 8
4.2	Material e métodos..... 10
4.2.1	Caracterização da área de estudo.....10
4.2.2	Caracterização e mapeamento da bacia hidrográfica..... 11
4.2.3	Procedimentos metodológicos da morfometria 11
4.2.4	Análise morfométrica da microbacia do Córrego Seco..... 12
4.2.5	Análise hipsometria e hierarquização da microbacia do Córrego Seco..... 15
4.3	Resultados e discussão 15
4.3.1	Morfométrica da microbacia em estudo 15
4.4	Conclusões 20
4.5	Referências..... 21
5	CAPÍTULO II..... 25
5.1	Introdução 27
5.2	Material e métodos..... 29
5.2.1	Caracterização da área de estudo 29
5.2.2	Etapas da pesquisa 30

5.2.2.1	<i>Etapa 1: localização e delimitação da microbacia em estudo (descrição dos pontos de coleta)</i>	30
5.2.2.1.1	<u>Mapeamento e delimitação da microbacia em estudo dos córregos</u>	31
5.2.2.2	<i>Etapa 2: medição da vazão (equipamentos e materiais utilizados para as medições)</i>	32
5.2.2.2.1	<u>Período das medições</u>	33
5.2.2.2.2	<u>Caracterização dos pontos de coleta</u>	34
5.2.2.2.3	<u>Medições e pontos de coleta nos córregos</u>	38
5.2.2.2.4	<u>Cálculo da vazão dos córregos em estudo</u>	40
5.2.2.3	<i>Etapa 3: Classificação e a codificação Otto Pfafstetter dos córregos</i>	41
5.2.2.4	<i>Etapa 4: Análise e mapeamento da microbacia do Córrego Seco</i>	43
5.2.3	Resultados e discussão	43
5.2.3.1	<i>Classificação e a codificação Otto Pfafstetter dos córregos da microbacia do Córrego Seco</i>	43
5.2.3.2..	<i>Avaliação da acurácia da classificação, uso e ocupação do solo da microbacia do Córrego Seco</i>	45
5.2.3.3	<i>Gráficos temporais dos córregos da microbacia do Córrego Seco</i>	51
5.2.4	Vazões máximas e mínimas dos córregos da microbacia do Córrego Seco.....	57
5.2.3.4	<i>Outorgas de captação do Córrego Seco na microbacia do Córrego Seco</i>	58
5.3	Conclusões	59
5.4	Referências	60
6	CONCLUSÃO GERAL	67
7	APÊNDICE	69

1 INTRODUÇÃO

A demanda por uso de água no Brasil é crescente, com aumento estimado de, aproximadamente, 80% no total retirado de água nas últimas duas décadas (BRASIL/ANA, 2018). A previsão é de que, até 2030, a retirada ainda aumente mais 24%. O histórico da evolução dos usos da água está diretamente relacionado ao desenvolvimento socioeconômico e ao processo de industrialização e de modernização da agricultura (especialmente a irrigada), de suma importância para a produção de alimentos e a urbanização do país.

Esse problema é agravado ainda mais pelo aumento da população mundial que, segundo a *World Population Prospects* da Organização das Nações Unidas (ONU), foi estimada em 7,8 bilhões em 2020 e deve aumentar para 9,7 bilhões em 2050 e para 11 bilhões em 2100. No Brasil, a população estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2014) é de 211,7 milhões de habitantes em 2020. Com uma população e uma economia crescentes, é inevitável um aumento na demanda e na escassez global de água.

Estudos de bacias hidrográficas são fundamentais na caracterização das microbacias, bem como na determinação de suas potencialidades e limitações quanto ao uso da quantidade da água e quanto aos usos do solo, favorecendo um planejamento adequado das atividades a serem desenvolvidas (FRAGA *et al.*, 2014). Para Souza *et al.* (2012), este tipo de análise possibilita a identificação de características gerais importantes, principalmente quando são analisadas a relação das características morfométricas e a batimetria associada à rede de drenagem de uma determinada região. A medição da vazão dos corpos hídricos e os parâmetros morfométricos são essenciais para o entendimento do comportamento de uma bacia hidrográfica, sua evolução e dinâmica (SOARES; LADEIRA; LIESENBERG, 2016), sendo o conhecimento das características da dinâmica de uma bacia ou microbacia hidrográfica imprescindível para

a conservação de seus recursos hídricos por tornar possível a compreensão do comportamento hidrológico (CARVALHO, N. *et al.*, 2000).

A importância do estudo de caracterização hidromorfométrica em bacias hidrográficas tem grande relevância por levar em conta não apenas o aspecto qualitativo, mas também o aspecto quantitativo, possibilitando, assim, o auxílio na obtenção de análises de cunho hidrológico e ambiental de uma dada região (GOULARTE; MARCUZZO; MACEDO, 2013), uma vez que o período de seca gera conflito pelo uso da água entre a agricultura e outras atividades (JUSTINO; PAULA; PAIVA, 2012).

Apesar de o Brasil ser um país privilegiado quanto à disponibilidade de água doce, a ocorrência é desigual no território, tanto espacial quanto temporalmente. No estado de Goiás, por exemplo, a precipitação ocorre de maneira sazonal durante o ano, sendo sete meses chuvosos e cinco de estiagem (NASCIMENTO, 2016). Esses fatores, somados aos usos da água pelas diferentes atividades econômicas nas bacias hidrográficas, bem como à infraestrutura hídrica inadequada para o seu aproveitamento e à sua conservação, geram graves situações de conflito, que tendem a acometer de maneira mais intensa as localidades e as populações mais carentes. Assim, o balanço entre a disponibilidade e a demanda hídrica revela a carência de acesso à água e o risco de desabastecimento em diversas cidades brasileiras (BRASIL/ANA, 2019).

Vitte (2011) entende a bacia hidrográfica como um geossistema que funciona pela constante troca de matéria e energia ao longo do tempo. Suas características físicas e antrópicas condicionam o volume de água armazenada e a velocidade com que a água dos aquíferos freáticos aflora para os canais fluviais, determinando diretamente o tempo de residência da água na bacia. Em estudos que envolvem os recursos hídricos, a unidade espacial da bacia hidrográfica é fundamental na compreensão da dinâmica que a água exerce no meio físico e biótico.

Considerando que a área de estudo da microbacia do Córrego Seco está localizada dentro de um processo de antropização intensa, caracterizada por expressivo plantio de cana-de açúcar, em que o nível de conservação da bacia possivelmente fica comprometido devido ao que atribui às ações de fiscalização e monitoramento ambiental no âmbito nacional, estadual e municipal, sobretudo nas proximidades da sede urbana municipal e ao novo código florestal, que, através do Cadastro Ambiental Rural, vem intensificando o processo de mapeamento das áreas de restrição ambiental, o que torna mais eficaz os processos de fiscalização e monitoramento ambiental.

A exploração inadequada dos recursos naturais de forma desenfreada, por meio

de atividades de desmatamento, práticas agrícolas inadequadas, atividades extrativistas agressivas, construção indiscriminada de barragens, lançamento industrial e doméstico de esgotos em rios e córregos, promove inúmeros problemas ambientais, principalmente nas matas ciliares e áreas de nascente (VALENTE; GOMES, 2005). E esses problemas foram evidenciados nesse estudo.

Ações voltadas para a conservação e preservação dos recursos hídricos são raras e, apesar de sua grande importância, tem sido observado que este valioso recurso vem sendo ameaçado por ações indevidas do homem. Apesar dessa realidade, o projeto “Produtores de Água”, implantado na zona rural do município, vem mudando a percepção da necessidade de cuidar melhor dos recursos hídricos, onde eles mesmos possam buscar novos conhecimentos e ações capazes de dar solução a seus problemas (SENNA *et al.*, 2013).

Vale ressaltar que parte das atividades agropecuárias citadas acima depende direta ou indiretamente desta microbacia, fazendo uso da sua água para dessedentação dos animais e para atividades agrícolas em geral, além disso, com a possibilidade de oferecer potencial para irrigação. Assim, o objetivo do presente estudo experimental foi mostrar as técnicas consideradas práticas de gestão de bacias e microbacias hidrográficas principalmente dos pequenos municípios do país com recursos financeiros limitado s.

2 OBJETIVOS

Este estudo tem como *Objetivo Geral* avaliar o potencial hídrico da Microbacia do Córrego Seco, os aspectos morfométricos e do uso e ocupação do solo com foco em áreas cultivadas com os usos da água e do solo dos mananciais no município de Ipiranga de Goiás.

Os *Objetivos Específicos* são:

- a) medir a vazão nos períodos seco e chuvoso dos principais mananciais;
- b) classificar os cursos d'água dos principais mananciais, segundo a codificação de bacias de Otto Pfafstetter (BRASIL/ANA, 2015);
- c) analisar a cobertura e uso do solo da bacia hidrográfica do município e os usos da água; e
- d) disponibilizar em um sistema de informação os dados avaliados dos principais mananciais.

3 REFERÊNCIAS

BRASIL/ANA. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Águas (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**: regiões hidrográficas brasileira - Edição Especial, 2015. 163p.: il. ISBN: 978-85-8210-027-1. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2015/ConjunturaDosRecursosHidricosNoBrasil2015.pdf> Acesso em: 25 abr. 2021.

BRASIL/ANA. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Águas (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018**: informe anual/Agência Nacional de Águas. - Brasília: ANA, 2018. 72p.: il. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/informe_conjuntura_2018.pdf Acesso em: 5 ago. 2021.

BRASILANA. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Águas (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**: relatório pleno. Brasília: ANA, 2019. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/informe_conjuntura_2018.pdf. Acesso em: 15 nov. 2021.

CARVALHO, N. de O. FILIZOLA JÚNIOR, N. P.; SANTOS, P. M. C. dos; LIMA, J. E. F. W. **Guia de Avaliação de Assoreamento de Reservatórios**. Brasília: ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica/SH - Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas. 2000. 140p. Disponível em: <https://silo.tips/download/guia-de-avaliaao-de-assoreamento-de-reservatorios>. Acesso em: 30 maio 2021.

FRAGA, M. de S.; FERREIRA, R. G.; SILVA, F. B.; VIEIRA, N. P. A.; SILVA, D. P. da; BARROS, F. M.; MARTINS, I. S. B. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Catolé Grande, Bahia, Brasil. *Nativa*, [S.l.], v.2, n.4, p.214, 2014. DOI: 10.31413/nativa.v2i4.1785. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/1785>. Acesso em: 26 jun. 2021.

GOULARTE, E. R. P.; MARCUZZO, F. F. N.; MACEDO, F. C. Estudo hidromorfométrico da área de contribuição da bacia hidrográfica do Rio Meia Ponte a montante de Goiânia/GO. *Revista Eletrônica Georaguia*, p.147-162, 2013. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/17635> Acesso em: 18 jul. 2021.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Dados de Geociências**. 2014.

Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home>. Acesso em: 20 fev. 2022.

JUSTINO, E. A.; PAULA, H. M.; PAIVA, E. C. R. Análise do efeito da Impermeabilização dos solos urbanos na drenagem de água pluvial do município de Uberlândia-MG. **Espaço em Revista**, Goiânia, v. 13, n. 2, p.16-38, 2012. DOI: 10.5216/er.v13i2.16884. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/espaco/article/view/16884>. Acesso em: 20 fev. 2022.

NASCIMENTO, D. T. F. **Chuvas no estado de Goiás e no Distrito Federal a partir de estimativas por satélite e circulação atmosférica**. 2016. 200f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016. Disponível em: <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/6023>. Acesso em: 12 ago. 2022.

SOARES, S. P.; LADEIRA, F. S. B.; LIESENBERG, V. Morfometria da bacia do Rio São João, MG: uma proposta de entendimento dos limites e da dinâmica das superfícies erosivas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**.v.17, n. 2, p. 241-252, 2016. Disponível em: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=pt-BR&user=IW6UnaoAAAAJ&citation_for_view=IW6UnaoAAAAJ:d1gkVwhDpl0C. Acesso em: 12 jun. 2022.

SOUZA, R. O. R. de M.; PANTOJA, A. V.; AMARAL, M. C. M. do; PEREIRA NETO, J. A. Cenário da agricultura irrigada no estado do Pará. **Irriga**, [S.l.], v.17, n.2, p.177-188, 2012. DOI: 10.15809/irriga.2012v17n2p177. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/230v.17,n.2,p.177-188,2012>. Acesso em: 14 set. 2021.

SENNA, D. S. de; KOBİ, H. de B.; SANTOS, R. A. B.; SOUZA, D. S. de; MARTINS, K. G. G.; MEIRA, A. C. H. Plantadores de Água: uma experiência de construção coletiva de saberes agroecológicos (14441). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 8, p.5, Seção VIII CBA-Agroecologia/Relatos de Experiências. Porto Alegre, RS, de 25-28 nov. 2013. **Resumos**. São Paulo: Cadernos de Agroecologia, v. 8 n. 2, 2013. Disponível em: <https://revistas.aba-agroecologia.org.br/cad/article/view/14441>. Acesso em: 23 maio 2021.

VALENTE, O. F; GOMES, M. A. **Conservação de Nascentes**: produção de água em pequenas bacias hidrográficas. 2.ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2005. 267p. ISBN: 978-85-62032-32-5. Disponível em: <https://www.lojaofitexto.com.br/conservacao-de-nascentes-2ed/p>. Acesso em: 26 dez. 2021.

VALENTE, O. F.; GOMES, M. A. **Conservação de nascentes: hidrologia e manejo de bacias hidrográficas de cabeceiras**. 1.ed. Viçosa-MG: Aprenda Fácil, 2005. 210p. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/16924/1/artigo.pdf> Acesso em: 26 jun. 2021.

VITTE, A. C. Etchplanação dinâmica e episódica nos trópicos quentes e úmidos. **Revista do Departamento de Geografia**, [S.l.], v.16, p.105-118, 2011. DOI: 10.7154/RDG.2005.0016.0011. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47290>. Acesso em: 28 dez 2021.

4 CAPÍTULO I

ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA MICROBACIA DO CÓRREGO SECO NO MUNICÍPIO DE IPIRANGA DE GOIÁS

OLIVEIRA, MARCIA RODRIGUES. Instituto Federal Goiano – Campus Ceres – GO, agosto de 2022. **Análise Morfométrica da Microbacia do Córrego Seco, no Município de Ipiranga de Goiás.** Orientador: Dr. Antônio Evami Cavalcante Sousa, Coorientador: Dr. José Luiz Cabral da Silva Júnior.

Resumo: O presente estudo teve como objetivo fazer a compartimentação morfométrica da microbacia do Córrego Seco, localizada no município de Ipiranga de Goiás na margem direita da bacia hidrográfica do Rio Araguaia, no estado do Tocantins. Para tanto, a morfometria foi feita pela delimitação da microbacia, uso de softwares de geoprocessamento, analisados no software QGIS v. 2.18 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, (2016), sendo utilizada a metodologia proposta por Strahler (1952) para a hierarquização da rede de drenagem. Na região da microbacia do Córrego Seco, ficaram definidos os córregos de de 1^a a 4^a ordem. Para a microbacia, foram aplicados parâmetros morfométricos, conforme metodologias descritas por Carvalho, T. (2008), Silva, V. (2007), Christofolletti (1969) e Strahler (1952). A partir dos resultados da análise, pode-se observar que a microbacia do Córrego Seco apresentou grandes fragilidades naturais em relação à gestão dos recursos hídricos, incluindo características naturais indicativas de maiores suscetibilidades aos efeitos do uso e ocupação do solo, podendo ter consequências diretas nos usos da microbacia.

Palavras-chave: Hierarquização. uso e ocupação. Microbacia. Morfometria. Recursos hídricos.

OLIVEIRA, MARCIA RODRIGUES. Goiano Federal Institute, Ceres Campus, Goiás State (GO), Brazil, August 2022. **Morphometric analysis of the *Córrego Seco* microbasin in the municipality of Ipiranga de Goiás, Goiás State, Brazil.** Advisor: Prof. Dr. Sousa, Antônio Evami Cavalcante. Co-advisor: Prof. Dr. Silva Júnior, José Luiz Cabral da.

Abstract: This study aimed to carry out the morphometric subdivision of the *Córrego Seco* microbasin located in the municipality of *Ipiranga de Goiás*, Goiás State, Brazil, on the right bank of the Araguaia River basin, in the Tocantins State, Brazil. Therefore, the morphometry was performed delimitating the microbasin by geoprocessing software, analyzed in the QGIS software v. 2.18 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2016), and by the proposed Strahler's (1952) methodology to rank the drainage network. Streams from the 1st to 4th order in the *Córrego Seco* microbasin region were defined. Morphometric parameters were applied to the microbasin, according to the methodologies described by Carvalho, T. (2008), Silva, V. (2006), Chistofolletti (1969), and Strahler (1952). Considering the analysis results, it was found that the *Córrego Seco* microbasin presented great natural weaknesses in relation to the management of water resources, including natural characteristics indicative of greater susceptibilities to the land use and occupation effects, which may have direct consequences on the microbasin use.

Keywords: Microbasin. Morphometry. Ranking. Use and occupation. Water resources.

4.1 Introdução

Estudos morfométricos são fundamentais na caracterização das bacias bem como na determinação de suas potencialidades e limitações quanto ao uso do solo, favorecendo um planejamento adequado das atividades a serem desenvolvidas (FRAGA *et al.*, (2014). Para Soares e Souza, J. (2012), este tipo de análise possibilita a identificação de características gerais importantes, principalmente quando se analisa a relação das características geomorfológicas associadas ao relevo e à rede de drenagem.

As análises dos parâmetros morfométricos são essenciais para o entendimento da paisagem geomorfológica, sua evolução e dinâmica (PASSARELLA; LADEIRA; LIESENBER, 2016), sendo o conhecimento das características morfométricas de uma bacia ou sub-bacia hidrográfica imprescindível para a conservação de seus recursos hídricos, pois torna possível a compreensão do comportamento hidrológico

(CARVALHO, R., 2014).

A Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1097), incorpora princípios e normas para a gestão de recursos hídricos, adotando a definição de bacias hidrográficas como unidade de estudo e gestão. Assim, é de grande importância para gestores e pesquisadores a compreensão do conceito de bacia hidrográfica e de suas subdivisões. Diversas definições de bacia hidrográfica foram formuladas ao longo do tempo. Percebe-se, nestes autores, grande semelhança e consideração deste recorte espacial, baseado na área de concentração de determinada rede de drenagem. Entretanto as definições que envolvem as subdivisões da bacia hidrográfica (sub-bacia e microbacia) apresentam abordagens diferentes no tocante a fatores que vão do físico ao ecológico.

Existem vários fatores que interferem na dinâmica hídrica da microbacia e, conseqüentemente, no planejamento ambiental, contudo dois fatores merecem atenção especial, as características morfométricas e a cobertura do solo. O primeiro por descrever como são as características geométricas de relevo e da rede de drenagem da região. O segundo ao indicar como está a cobertura da superfície do solo em dado momento, ou como é a dinâmica de uso e ocupação do solo ao longo dos anos. As características morfométricas e a dinâmica de cobertura do solo podem ser avaliadas com o uso integrado de sistemas de informações geográficas (SIG). A delimitação da área da bacia hidrográfica e sua caracterização morfométrica são de grande importância para sua gestão adequada, além do entendimento da dinâmica ambiental local e da sua relação com o comportamento hidrológico. Para isso, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) desempenham importante papel na tomada de decisões a partir da aquisição, armazenamento e análise dos dados geográficos, possibilitando um levantamento rápido e detalhado em relação aos aspectos físicos da bacia hidrográfica, como já demonstrado por Pinheiro *et al.* (2011). Sendo assim, a microbacia apresenta fragilidades em relação a seu usos, incluindo quantidades de outorgas. De acordo com SEMAD (BRASIL/SEMAD, 2002), há 870 outorgas emitidas na bacia do Alto Tocantins de captação direta para fins de irrigação, bombeamento, abastecimento público, piscicultura; já no Alto Preto, há apenas três outorgas de captação direta para irrigação, e apenas 10 declarações de usos da água emitidas, ou seja, ainda há poucas informações, e na microbacia do Córrego Seco, há três outorgas para irrigação. Quanto às condições ambientais, a microbacia se encontra em estado de fragilidade, pelos impactos relacionados à suscetibilidade natural, principalmente em relação aos processos erosivos de degradação das áreas de preservação

permanente. Ainda há poucas informações sobre a quantidade de outorgas, e informações disponibilizadas sobre as dispensas e a inexigibilidade de outorgas de usos na bacia do Alto do Rio Tocantins no Alto Rio Preto e na Microbacia do Córrego Seco. O objetivo do presente trabalho é analisar as características morfométricas e a dinâmica dos usos da microbacia do Córrego Seco, visando aos ambientes naturalmente mais suscetíveis aos efeitos do uso e ocupação do solo e ao fornecimento de informações para subsidiar o planejamento e a gestão dos recursos hídricos da região.

4.2 Material e métodos

4.2.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo está localizada no Vale de São Patrício, município de Ipiranga de Goiás, Centro Norte do Estado de Goiás, na Bacia Araguaia, Tocantins. Tem como os municípios vizinhos Itapaci, Rubiataba Nova Glória e Ceres. O município é banhado pelo Rio das Almas a leste, pelo Córrego Grande na parte central, onde está localizada a sede do município, e pelo Rio São Patrício ao norte, fazendo divisa com o município de Itapaci, onde estão localizados os dois distritos do município, Quebra-Coco e Bom Jesus, que ficam a três quilômetros do Rio das Almas (Fig.1).

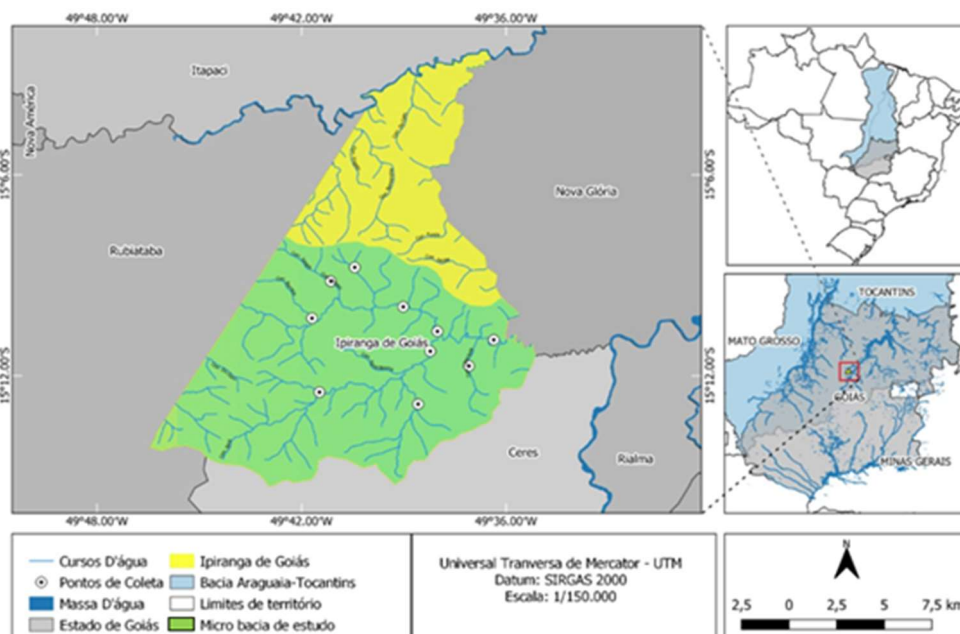


Figura 4.1 - Delimitação e mapeamento da microbacia do Córrego Seco, com os pontos de coleta, município de Ipiranga de Goiás

Fonte: A autora (2022).

4.2.2 Caracterização e mapeamento da bacia hidrográfica

Para o mapeamento e a delimitação da Microbacia a Área de estudo, foram utilizadas as geotecnologias (geoprocessamento, sensoriamento remoto, Global Navigation Satellite System – GNSS, cartografia automatizada, Sistema de Informação Geográfica – SIG, entre outras) aplicadas aos estudos e avaliações dos recursos hídricos, que auxiliam nas interpretações das influências dos aspectos físicos e antrópicos na dinâmica hídrica das bacias.

As geotecnologias podem ser usadas nos estudos de bacias hidrográficas como subsídio à compreensão do comportamento hidrológico, possibilitando a obtenção de resultados representativos de forma rápida e econômica. Para organização, processamento e representação dos dados de modelagem hidrológica, foi utilizado software livre (gratuito) com grande diversidade de ferramentas analíticas e de processamento, como no software QGIS v. 2.18 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2016).

O geoprocessamento dos dados foi feito no QGIS do software QGIS, versão 2.18 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2016), sendo os mapas elaborados no Sistema de Coordenadas Projetadas: Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (Sirgas) 2000, projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), Zona 22S. As bandas (B) multiespectrais usadas do Satélite Landsat 5/Sensor TM foram B3 (Vermelho), B4 (Infravermelho próximo) e B5 (Infravermelho médio) e as bandas multiespectrais usadas do Satélite Landsat 8/Sensor OLI foram B4 (Vermelho), B5 (Infravermelho próximo) e B6 (natural com remoção atmosférica).

A composição colorida RGB (red, green e blue) das bandas das imagens do Landsat 5 foi R/3, G/4 e B/5 e da imagem do Landsat 8 foi R/4, G/5 e B/6. Foram usadas essas combinações de bandas por apresentarem maior aproximação das cores naturais. Posteriormente, a imagem foi recortada para as áreas das bacias e processada, utilizando a extensão contida no QGIS, chamada Semi-automatic Classification Plugin (SCP) (CONGEDO; MICHELE; MACCHI, 2013), que é um plugin de código aberto gratuito para o QGIS e possibilita a classificação supervisionada de imagens de sensoriamento remoto.

4.2.3 Procedimentos metodológicos da morfometria

A obtenção dos aspectos morfométricos da microbacia no município de Ipiranga de Goiás foi dividida em duas etapas - aquisição dos dados e delimitação da bacia. A caracterização morfométrica foi feita com base em cálculos dos índices, a saber: área, perímetro, declividade, altitude, coeficiente de compacidade (K_c), fator de forma (F), índice de circularidade (IC), densidade de drenagem (D_d) e ordem dos cursos d'água.

Os procedimentos metodológicos para a realização do trabalho foram executados de acordo com o resumo dos procedimentos da análise morfométrica da microbacia em estudo, apresentando cada etapa desdobramentos metodológicos específicos (Fig. 4.2).



Figura 4.2 - Resumo esquemático dos procedimentos metodológicos utilizados

Fonte: A autora (2022).

4.2.4 Análise morfométrica da microbacia do Córrego Seco

Para as avaliações morfométricas, primeiramente, foi calculada a área topográfica (projeção horizontal) inclusa entre os seus divisores de água. A área de drenagem de uma bacia é o parâmetro elementar para obter os resultados de outras características morfométricas.

Na área, foi utilizado o software de geoprocessamento Global Position System (GPS). Neste estudo, esses dados foram analisados no software QGIS v. 2.18 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2016), por meio dos comandos Calculadora de atributos>\$área.

O perímetro (P), conhecido como a distância de toda a borda da bacia, dada em

metros ou quilômetros, é um elemento importante para o cálculo de outros índices hidrográficos. Pode-se obter o perímetro somando o comprimento de cada ponto de um polígono. Este dado foi obtido pela calculadora de atributos do software QGIS v. 2.18 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2016), pelo comando calcular \$perimeter.

Outro índice calculado foi o coeficiente de compacidade (K_c), dado pela relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo de área igual à da bacia. O K_c tem sempre valor maior que 1, pois 1 representa uma área perfeitamente circular. Quanto maior o resultado encontrado, menores são as chances de ocorrências de inundações nas partes baixas dessa bacia (CARVALHO, D.; SILVA, L., 2006) [Equação (4.1)].

$$K_c = \frac{0,28 * P}{\sqrt{A}} \quad (4.1)$$

em que:

P é o perímetro da bacia (km); e

A é a área de drenagem (km²).

Outro dado usado nas análises foi o fator de forma (K_f), que é a relação entre a largura média da bacia e o comprimento do eixo axial (da jusante ao ponto mais distante da bacia). Com esse dado, pode-se classificar se a área de drenagem é propícia a sofrer pico de enchentes. Sendo assim, quanto menor o K_f , mais alongada é a área da bacia e menos propícia a inundações (CARVALHO, D.; SILVA, L., 2006) [Equação (4.2)].

$$K_f = \frac{A}{L^2} \quad (4.2)$$

em que:

A é a área de drenagem (km²); e

L^2 é comprimento do eixo da bacia (km).

O índice de circularidade (I_c) também usado nesse estudo é associado ao coeficiente de compacidade. Este índice tende para a unidade da medida que a forma da bacia se aproxima da circularidade [Equação (4.3)].

$$I_c = 12,57 \frac{A}{P^2} \quad (4.3)$$

em que:

A é a área de drenagem (km²); e

P^2 é o perímetro ao quadrado (km).

Para as análises das características do sistema de drenagem, foi mensurado o sistema de drenagem, que, segundo Carvalho, D. e Silva, L. (2006), é caracterizado pelo rio principal e seus afluentes.

A densidade de drenagem (Dd), que é um indicador do nível de desenvolvimento de um sistema de drenagem, é a razão entre a soma do comprimento de todos os cursos d'água de uma bacia e a sua área de drenagem, e foi determinada pela Equação (4.4) de Horton (1945):

$$Dd = \frac{\sum L}{A} \quad (4.4)$$

em que:

$\sum L$ é o comprimento total dos cursos d'água da bacia (km); e

A é a área total da bacia (km²).

A sinuosidade do curso d'água, que é a relação entre o comprimento do rio principal (L) e o comprimento do talvegue (Lt), foi calculada conforme a Equação (4.5):

$$Is = \frac{L}{Lt} \quad (4.5)$$

em que:

L é o comprimento do rio principal (km); e

Lt é o comprimento do talvegue (distância em linha reta da nascente até a foz) (km).

O coeficiente de manutenção, que é o índice que indica a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento permanente, é considerado um dos principais dados para a caracterização do sistema de drenagem, informando a área mínima para o desenvolvimento de um curso d'água, e foi calculado conforme Equação (4.6):

$$Cm = \frac{1}{Dd} * 1000 \quad (4.6)$$

em que:

Dd é a densidade de drenagem (m²/m).

Para as análises das características do relevo da bacia, foram incluídos dados da declividade, considerado importante parâmetro a influenciar na velocidade de escoamento pluvial por auxiliar na determinação do tempo de concentração e na

magnitude dos picos de enchentes. Frequentemente, a declividade é dividida em classes por facilitar a compreensão de como é o relevo de uma região.

4.2.5 Análise hipsometria e hierarquização da microbacia do Córrego Seco

A hipsometria, que é uma forma de representar a elevação média de um terreno por meio de cores, foi obtida a partir das imagens SRTM e geoprocessadas no ambiente computacional QGIS v. 2.18 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2016). A partir da hipsometria, podem ser obtidas as variações planialtimétricas da bacia com relação ao nível do mar. Vale ressaltar que com a microbacia em estudo, inserida na Bacia Araguaia Tocantins, identificou-se o comportamento de cada compartimento morfométrico em relação à sua fragilidade ambiental, tendo sido feitas análises baseadas nos parâmetros morfométricos definidos neste estudo.

A hierarquização da rede de drenagem foi utilizada a proposta por Strahler (1952), sendo considerada a escala de 1:5.000 para a classificação dos cursos d'água. Além dos parâmetros listados acima, também foram construídos perfis longitudinais de todos os canais principais com base no Modelo Digital de Elevação, bem como feitos cálculos de área da microbacia (A), perímetro da microbacia (P), comprimento da microbacia (L), comprimento do córrego principal da microbacia (Lp) e comprimento do talvegue (Lt).

4.3 Resultados e discussão

4.3.1 Morfométrica da microbacia em estudo

Após a caracterização foi realizada a aplicação dos parâmetros morfométricos para a microbacia do córrego seco, bem como para os córregos em estudo. Os parâmetros utilizados no presente trabalho estão apresentados na Tabela 4.1, onde é possível observar os resultados morfométrico detalhados, da aplicação das equações utilizadas e os resultados.

Tabela 4.1 - Resultados dos parâmetros morfométricos da microbacia do município de Ipiranga de Goiás

Características morfométricas	Resultados
Área da bacia (A)	181.209,211 km ²
Perímetro da bacia (P)	61,40 km
Comprimento do Rio Principal (Lp)	25,737 km
Comprimento do talvegue (jusante à foz) (Lt)	17,432 km
Somatório das distâncias de todos os rios e áreas dos cursos d'água	168,957km
Área de drenagem (A)	181,21 km ²
Perímetro (P)	142,96 km
Comprimento do córrego principal (L)	25,74 km
Comprimento de todos os córregos ($\sum L$)	697,18 km
Comprimento do eixo da bacia (L)	20,93 km
Comprimento do talvegue (Lt)	17,43 km
Ordem do córrego principal	4 ^a ordem
Coefficiente de compacidade (Kc)	1,28
Fator de forma (Kf)	0,41
Índice de circularidade (Ic)	0,60 km ²
Densidade de drenagem (Dd)	0,93 km/km ²
Índice de sinuosidade (Is)	1,47
Coefficiente de manutenção (Cm)	1.075,26 m ² /m

Fonte: A autora (2022).

A microbacia do Córrego Seco, no município de Ipiranga de Goiás-GO, tem uma área de drenagem de 181,21 km², o que corresponde a 75% de todo o território do município, com o perímetro medindo 61,4 km de extensão e o eixo da bacia, 20,93 km de comprimento. O coeficiente de compacidade (kc) da bacia é igual a 1,28, bacia com tendência mediana a grandes enchentes, o que é um índice próximo de 1, caracterizando como uma bacia mais arredondada, com fator de forma (Kf) igual a 0,41 e índice de circularidade de 0,60. De acordo com Cardoso *et al.* (2006), nas bacias com forma circular há maiores possibilidades de chuvas intensas ocorrerem simultaneamente em toda a sua extensão, concentrando grande volume de água no tributário principal da microbacia do Córrego Seco. Isto porque um menor Kf representa uma bacia mais alongada que teoricamente, estando menos propícia a uma precipitação em toda a sua área simultaneamente, não sendo, portanto, sujeita a grandes picos de escoamento superficial (CARVALHO, N., 2006).

A densidade de drenagem encontrada para a bacia foi de 0,93 km/km², com índice de sinuosidade de 1,47. Já o coeficiente de manutenção foi de 1.075,87 m²/m, indicando que a bacia tem uma área relativamente boa para manutenção de seus canais.

De acordo com Villela e Mattos (1975), é uma drenagem regular, pois bacias com densidade de drenagem inferior a 0,5 km/km² são bacias com drenagem pobre; de 0,5 a 1,5 km/km², são bacias de drenagem regular; na Microbacia a densidade de drenagem é de 0,93 km/km², com baixa densidade de drenagem. Bacias de 1,5 a 2,5

km/km² são classificadas como boas; de 2,5 a 3,5 km/km² são consideradas muito boas; e bacias que apresentam densidade de drenagem acima de 3,5km/km² são excepcionalmente bem drenadas. Segundo Meliani (2006), a densidade de drenagem (Dd) expressa o grau de dissecação do relevo correlacionado com os canais fluviais disponíveis para o escoamento. Assim, valores elevados desse índice sugerem baixa capacidade de infiltração e maior potencial de escoamento e formação de novos canais, além de maiores possibilidades para ocorrências erosivas.

Quanto à sinuosidade, para o curso hídrico, segundo Riccomini *et al.* (2000), valores maiores que 1,5 são considerados de alta sinuosidade e menores que 1,5, de baixa sinuosidade. Logo, a microbacia em estudo não é muito sinuosa, tendo obtido um valor aproximado de Is de 1,47, pois tem possibilidade de formação de bancos de areia e de meandros, principalmente na área a jusante da bacia. Conforme Cánepa, Pereira e Lanna (1999) e Stipp, Campos e Caviglione (2010), valores para o índice de sinuosidade próximo a 1,0 indicam que o canal tende a ser retilíneo. Já valores superiores a 2,0 sugerem canais tortuosos e valores intermediários indicam formas transicionais, regulares e irregulares.

De acordo com Santos, D. e Morais (2012), o coeficiente de manutenção é um índice que visa a calcular a área mínima de que a bacia precisa dispor para a manutenção de um metro de canal fluvial, sendo seu resultado indicado em m/m². Na análise feita, foram encontrados 1.075,26 m²/m, indicando que a microbacia do Córrego Seco tem uma área relativamente boa para manutenção de seus canais.

Para Christofolletti (1969), o coeficiente de manutenção é um dos valores mais importantes para a caracterização do sistema de drenagens, cujo valor do índice representa a área mínima para um canal de primeira ordem, o que, posteriormente, dá origem às demais ordens de canais dentro de uma bacia.

A variação da altitude e também a altitude média de uma microbacia são importantes fatores relacionados com a temperatura e a precipitação. Neste caso, a altitude foi determinada pelo mapa hipsométrico da microbacia, que é um mapa de representação do relevo através de cores e de curva de nível e da relação de áreas correspondentes à altitude média da microbacia. A declividade é um parâmetro importante por interferir em vários processos hidrológicos, incluindo infiltração, escoamento superficial e umidade do solo.

É, além disto, um dos fatores principais da determinação do tempo de duração do escoamento superficial e de concentração da precipitação nos leitos dos cursos d'água.

A Figura 3 mostra que a altimetria da microbacia variou de 600 m a 1.100 m, o que corresponde a uma amplitude hipsométrica de 600 m. A região que está no intervalo de 950-1100 de amplitude corresponde às regiões mais acidentadas, e as regiões de amplitude menor e igual a 600 m são as regiões mais planas, onde estão concentradas as maiores áreas de agricultura irrigada de cana-de-açúcar. A hipsometria da microbacia é exibida na Figura 3, sendo verificada área de drenagem nas faixas altimétricas definidas.

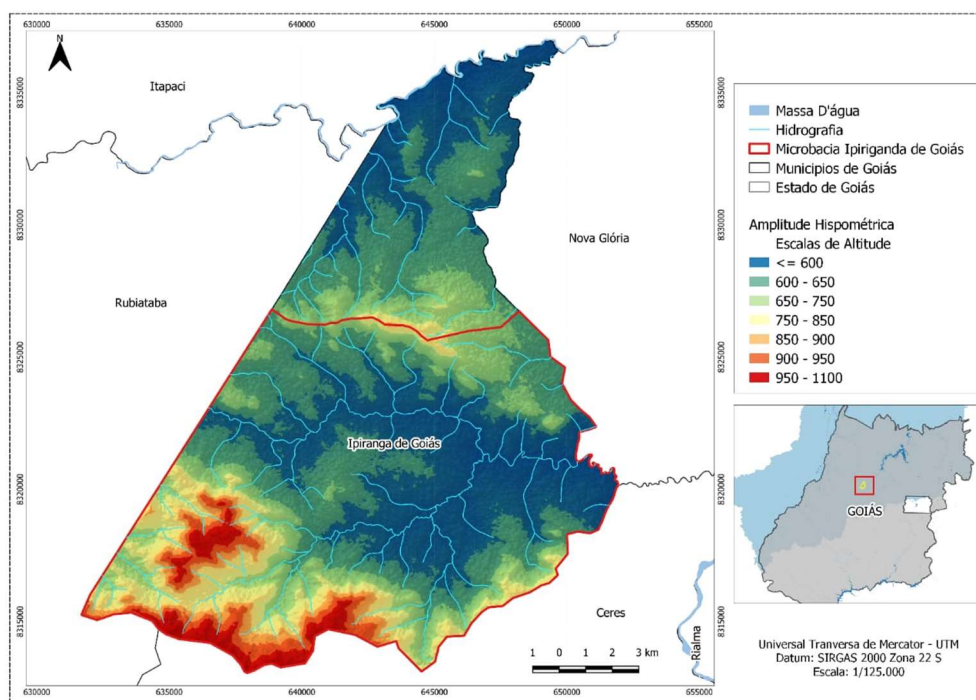


Figura 4.3 - Mapa da hipsometria do município de Ipiranga de Goiás
Fonte: A autora (2022).

Segundo Strahler (1957), a rede hidrográfica é dividida em segmentos individuais de rio, estando cada segmento situado entre duas confluências. O ordenamento dos rios é feito pela atribuição da ordem 1 aos rios que não têm tributários, ou seja, são nascentes, a ordem 2 é atribuída ao rio formado pelo encontro de dois rios de primeira ordem, este rio, por sua vez, só se torna de terceira ordem ao encontrar outro segmento de segunda ordem. A confluência de rios de ordens diferentes não altera o grau de ordenamento. A hierarquia fluvial indica o grau de ramificação da bacia, sendo importante na determinação da velocidade com que a água escoar até o exutório. Assim, a descarga aumenta em relação exponencial com o aumento da ordem hierárquica do canal (SOUZA, J., 2011).

A classificação dos córregos da microbacia foi definida, segundo a hierarquização da rede hidrográfica definida, por Strahler (1952). Na microbacia em

estudo, o córrego principal, o Córrego Seco à sua rede de drenagem, foi classificado como sendo de quarta ordem (Fig. 4.3). Nesta figura, é possível visualizar de forma clara a distribuição e a ordenação dos principais córregos que escoam dentro do município, bem como sua classificação segundo a hierarquização da rede hidrográfica.

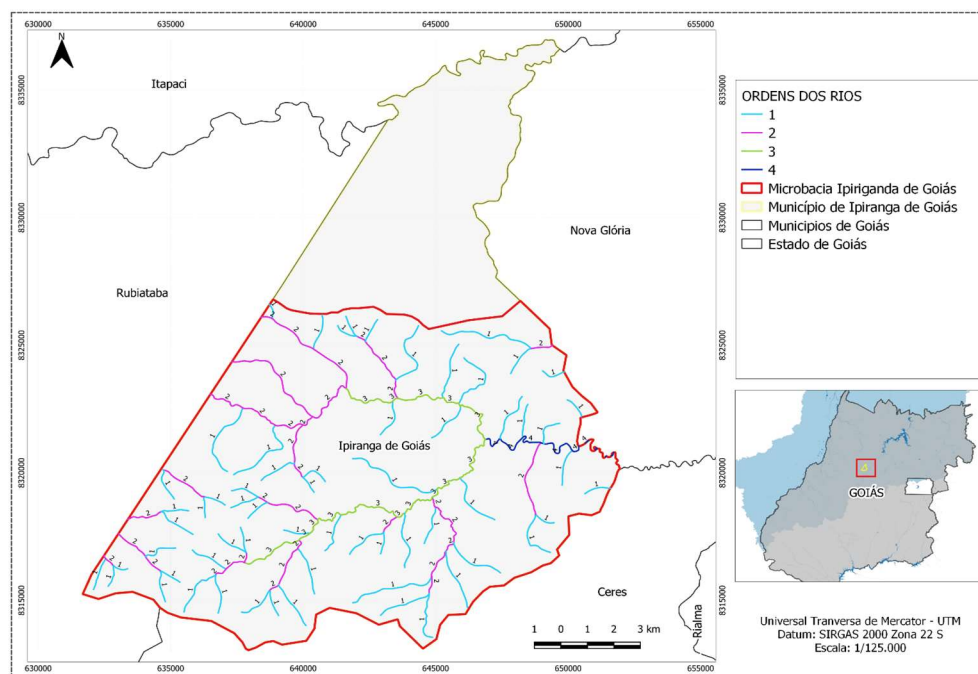


Figura 4.4 - Mapa da hierarquização dos corpos d'água na microrbacia do Córrego Seco
Fonte: A autora (2022).

O número de canais de 1ª ordem na microrbacia representa a quantidade e a delimitação das áreas de nascentes e está associado a áreas de maior elevação do relevo (SOUZA, J., 2011). A microrbacia do Córrego Seco apresenta cursos sem ramificação, que são os de 1ª ordem; cursos que recebem apenas outros de 1ª ordem são os de 2ª ordem; cursos que recebem apenas outros de 2ª ordem são de terceira ordem; e assim por diante (Fig. 4.4).

O manejo dos córregos da microrbacia de 1ª ordem e 2ª difere dos córregos de 3ª ordem (ou superior). O córrego de 4ª ordem recebe as contribuições das ordenações anteriores e fica nas proximidades do exutório, pois os primeiros são mais vulneráveis a interrupção ou alteração do sistema de recarga da bacia, enquanto os demais têm mais fontes alternativas de contribuição.

Assim, a análise morfométrica da Microrbacia do Córrego Seco possibilitou identificar características naturais diferentes do sistema de drenagem, que é mais desenvolvido, o que indica relação direta com as características do relevo. Observa-se que o relevo suave ondulado juntamente com o relevo plano da área total da microrbacia

favorece o uso agrícola, seja mecanizado ou não. Todavia as classes mais íngremes de relevo representam as áreas com as maiores diferenças de altitude, onde está a maior parte dos canais de primeira ordem, o que favorece um escoamento superficial mais rápido e indica um maior risco de erosão hídrica, sobretudo em dias de elevada precipitação. O relevo se apresenta dissecado, sinalizando os resultados encontrados para índice de rugosidade, relação de bifurcação, gradiente de canais, declividade de canais e densidade de drenagem. Já a região da baixa bacia apresenta um sistema de drenagem pobre com elevado coeficiente de manutenção, o que sinaliza dificuldade na formação de novos canais e necessidade de grandes áreas para sua manutenção. Além disso, apresenta resultados de declividade e índices, pois na microbacia do Córrego Seco, os parâmetros morfométricos indicaram tendência de maior suscetibilidade aos efeitos do uso e ocupação, como a intensificação das perdas de solo por erosão e consequentes, assoreamento e diminuição da qualidade da água.

A preservação das matas ciliares nos canais de primeira ordem se faz extremamente importante para a redução do risco de processos erosivos e assoreamento na Microbacia do Córrego Seco, visto que a maior parte destes canais está inserida em regiões de declive mais acentuado, com escoamento superficial mais rápido. Já a parte do relevo plano e suave ondulado é mais favorável à agricultura, que pode ser intensificada considerando a adoção das práticas conservacionistas para evitar perdas de solos por erosão hídrica. Nas regiões de maiores declives, recomenda-se a manutenção da vegetação de matas ciliares (sobretudo de porte florestal). Todavia, em caso de uso agropecuário com pastagens, florestamento ou lavouras temporárias de subsistência, é indispensável o uso de práticas mecânicas como terraceamentos e sulcos.

4.4 Conclusões

Tendo como referência o estudo de caracterização morfométrica da Microbacia do Córrego Seco, conclui-se que ela apresenta formato arredondado, evidenciado nos resultados obtidos pelo índice de circularidade, coeficiente de compacidade e fator de forma. Além disso, este formato indica ser uma bacia sujeita a enchentes e inundações em condições normais de precipitação. Através do mapa de hipsometria, a altimetria da microbacia variou de 600 m a 1.100 m, o que corresponde a uma amplitude hipsométrica de 600 m, em que grande parte está voltada para a agricultura irrigada de cana-de-açúcar,

que pode gerar grandes problemas relacionados à erosão dentro da microbacia. Desta forma, sugerem-se ações de preservação dentro da mesma, principalmente nas proximidades dos cursos hídricos e nascentes. Os resultados obtidos contribuem como aporte teórico-metodológico para o planejamento ambiental e a gestão dos recursos hídricos da microbacia.

O relevo plano, associado à baixa densidade de drenagem, alto coeficiente de manutenção e baixa densidade hidrográfica indicaram drenagem deficiente e tendência a uma resposta hidrológica lenta. Altas precipitações em períodos concentrados influenciam o escoamento superficial e, conseqüentemente, o processo de erosão, que resulta em perdas de solo, água, matéria orgânica, nutrientes e microfauna. Somado a isso, o uso e a ocupação desordenados das áreas sujeitas a inundações e alagamentos podem comprometer fisicamente os canais primários e, conseqüentemente, os recursos hídricos. As características físicas levantadas apontam para maiores fragilidades do sistema hídrico no período de estiagem, principalmente quanto ao uso para irrigação, balneabilidade, consumo humano e animal.

4.5 Referências

BRASIL. **Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

Disponível em: http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/leis/L9433.htm. Acesso em: 2 ago. 2022.

BRASIL/SEMAD. Governo de Goiás. Goiânia: Secretaria Estadual do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos, Superintendência de Recursos Hídricos. **Legislação de Recursos Hídricos do Estado de Goiás**, 1.ed., 2002. Disponível em:

http://www.sgc.goias.gov.br/upload/arquivos/2012-03/miolo_recursos_hidricos.pdf

<http://weboutorga.meioambiente.go.gov.br/> Acesso em:

CÁNEPA, E. M.; PEREIRA, J. S.; LANNA, A. E. L. A política de recursos hídricos e o princípio usuário-pagador (pup). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.4, n.1, p.103-117, jan./mar.1999. Disponível em:

https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=pt-BR&user=4i8iaXwAAAAJ&citation_for_view=4i8iaXwAAAAJ:5nxA0vEk-isC
Acesso em: 23 abr. 2021.

CARDOSO, C. A; DIAS, H. C. T; SOARES, C. P.B; MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**, v.30, n.2, p.241-248, 2006. Disponível em:

<https://www.conhecer.org.br/enciclop/2012b/engenharias/analise%20morfometrica.pdf>
Acesso em: 24 jun. 2021.

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. Apostila Hidrologia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em:
<file:///C:/Users/Marcia/Downloads/10448-Texto%20do%20artigo-41118-1-10-20181025.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2021.

CARVALHO, N. R. Compartimentação geomorfológica do Sudoeste de Goiás e relação com a situação de areais. *In: VI SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA. GEOMORFOLOGIA TROPICAL E SUBTROPICAL: PROCESSOS, MÉTODOS E TÉCNICAS. Anais...* Goiânia, 6-10 set. 2006. Disponível em:
<http://www.labogef.iesa.ufg.br/links/sinageo/articles/595.pdf>.
<https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/12007/7986> Acesso em: 6 set 2021.

CARVALHO, R. G. de. As bacias hidrográficas enquanto unidades de planejamento e zoneamento ambiental no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, n.36, Volume Especial, p.26-43, 2014. Disponível em:
<https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/3172>. Acesso em: 8 jan. 2022.

CARVALHO, T. M. Medição da Vazão em Rios pelo Método do Flutuador. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, PE, v. 1, n. 1, p.73-85, 2008. Disponível em:
https://abrh.s3.sa-east1.amazonaws.com/Sumarios/155/72d6b78cfb89ff7725d9bff5d7980116_4bdbd8399a567b0e256e199daf69bd94.pdf Acesso em: 3 jan. 2022

CONGEDO, L.; MICHELE, M.; MACCHI, S. **Investigating the relationship between land cover and vulnerability to climate change in Dar es Salaam**. Working Paper, Rome: Sapienza University, 2013. Disponível em: chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcgiclfndmkaj/http://www.planning4adaptation.org/Docs/newsInfoMaterial/05-2013/08/CONGEDO_20%20APRIL_2013_Activity%202.1%20Relationship%20between%20Land%20Cover%20and%20Vulnerability%20to%20CC.pdf Acesso em: 10 dez. 2021.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. **Notícia Geomorfológica**, v. 18, n. 9, p. 35-64, 1969. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/tYpMVzyHC7Gw49N4FvHF7qb/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 25 de maio 2022.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Projeto busca indicadores de qualidade em plantio direto. 2004. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1502887/projeto-busca-indicadores-de-qualidade-em-plantio-direto>. Acesso em: 15 fev. 2022.

FRAGA, M. de S.; FERREIRA, R. G.; SILVA, F. B.; VIEIRA, N. P. A.; SILVA, D. P. da; BARROS, F. M.; MARTINS, I. S. B. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Catolé Grande, Bahia, Brasil. **Nativa**, [S.l.], v.2, n.4, p.214, 2014. DOI: 10.31413/nativa.v2i4.1785. Disponível em:

<https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/1785>. Acesso em: 26 jun. 2021.

MELIANI, P. F. **Mapeamento da rede hidrográfica e análise dos parâmetros da densidade de drenagem aplicados ao estudo ambiental: o caso da bacia do Rio Jeribucassu, Itacaré, Bahia.** *Geografia, Rio Claro*, v. 31, n.1, p.121 e 125, jan./abr., 2006. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/1360>. Acesso em: 27 jun. 2021.

PASSARELLA, S.; LADEIRA, F. S. B.; LIESENBERG, V. Morfometria da bacia do Rio São João, MG: uma proposta de entendimento dos limites e da dinâmica das superfícies erosivas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v.17, n.2, p. 242, abr./jun., 2016. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/790> Acesso em: 29 jun. 2022.

PINHEIRO, R. C.; TONELLO, K. C.; VALENTE, R. O. A.; MINGOTI, R.; SANTOS, I. P. Ocupação e caracterização hidrológica da microbacia do córrego Ipaneminha, Sorocaba-SP. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 3, p.234-245, jul./set. 2011. Disponível em: [file:///C:/Users/Marcia/Downloads/10132-Texto%20do%20Artigo-54646-1-10-20211230%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Marcia/Downloads/10132-Texto%20do%20Artigo-54646-1-10-20211230%20(1).pdf) Acesso em: 24 jun. 2022.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS User Guide, Versão 2.18**: QGIS Project, 2016. 479p. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://docs.qgis.org/2.18/pdf/pt_BR/QGIS-2.18-UserGuide-pt_BR.pdf Acesso em: 6 jun. 2021.

RICCOMINI, C.; GIANNINI, P. C. F.; MANCINI, F. Rios e processos aluviais. *In*: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M de; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. (org.). **Decifrando a Terra**. Tradução. São Paulo: Oficina de Textos, p. 91-214. 2000. 568 p. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/d7905caf-f88e-4b30-8668-4d825b2a46d8/1131324.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2021.

SANTOS, D. A. R.; MORAIS, F. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Lago Verde como subsídio à compartimentação do relevo da região de Lagoa da Confusão – TO. **Revista Geonorte**, Edição Especial, v.3, n.4, p.626. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/mercator/a/ndyTCjGyQDfp7VvhXwNjV6p/?lang=en> Acesso em: 10 jun. 2021.

SILVA, V. de P. da. Paisagem: concepções, aspectos morfológicos e significados. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v.19, n.1, p.199-215, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/8qfjB8sV9sxzjbFJ8KXcn9S/?lang=pt> Acesso em: 23 out. 2021.

SOARES, M. R. G. de J.; SOUZA, J. L. M. Análise 47 morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Pequeno em São José dos Pinhais (PR). **Revista Geografia** (Londrina), v. 21, n. 1, p. 20, jan./abr. 2012. Disponível em: http://www.moretti.agrarias.ufpr.br/publicacoes/tc_2012_geografia_1.pdf. Acesso em: 10 abr. 2021.

SOUZA, J. F. **Sistema de informações para apoio ao planejamento e gestão de recursos hídricos**. 2011. 73p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011. Disponível em: <https://www.escavador.com/sobre/4721262/joao-felipe-souza> Acesso em: 02 ago. 2021.

STIPP, Ni. A. F.; CAMPOS, R. A.; CAVIGLIONE, J. H. Análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Taquara – uma contribuição para o estudo das ciências ambientais. Portal da Cartografia, Londrina v.3, n.1, p.122, 2010. Disponível em: <http://anais.uel.br/portal/index.php/sinagget/article/download/409/328>. Acesso em: 10 abr. 2021.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) – analysis of erosion al topography. **GSA Bulletin** v.63, n.11, p.1117-1142, 1952. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1952\)63\[1117:HAAOET\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1952)63[1117:HAAOET]2.0.CO;2) Disponível em: <https://pubs.geoscienceworld.org/gsa/gsabulletin/article-abstract/63/11/1117/4477/HYPSOMETRIC-AREA-ALTITUDE-ANALYSIS-OF-EROSIONAL?redirectedFrom=fulltext> Acesso em: 12 ago. 2021.

STRAHLER, A. N. Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. **Eos, Transactions American Geophysical Union**, Washington, v.38, n.6, p.913-920, dez. 1957. <https://doi.org/10.1029/TR038i006p00913> Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/TR038i006p00913> Acesso em: 12 nov. 2021.

5 CAPÍTULO II

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL HÍDRICO DA SUB- BACIA DO ALTO DO RIO TOCANTINS E RIO PRETO, NO MUNICÍPIO DE IPIRANGA DE GOIÁS

(Normas de acordo com a Revista Ambiente & Água)

Resumo - O Brasil apresenta grande aporte de recursos hídricos, mas sua distribuição não ocorre de maneira uniforme ao longo do território, o que, aliado, a fatores agravantes como redução no regime de precipitações e adensamento populacional pode levar certas regiões de maior vulnerabilidade hídrica a estados críticos em termos de abastecimento de água. Assim, objetivou-se monitorar as vazões de dez córregos inseridos na Microbacia do Córrego Seco. Foram feitas medições mensais ao longo de um ano hidrológico (abril/2021 a abril/2022). As medições foram feitas sempre no final de cada mês nos pontos de coletas. Para a coleta dos dados de medição de vazão, foi utilizado o método do molinete hidrométrico. Além do monitoramento da vazão dos 10 córregos, por meio do mapa de uso e ocupação da terra, foi possível verificar os usos da terra, as nascentes e as áreas de preservação permanentes. Os resultados permitiram evidenciar os extremos da capacidade do manancial, cada vez mais atingido por pressões de aumento das demandas de abastecimento das atividades agrícolas e agropecuárias. O sistema das atividades pecuária e as lavouras de cana-de- açúcar podem estar influenciando a recarga do lençol freático, uma vez que a compactação do solo altera fases do ciclo hidrológico, interferindo no escoamento superficial e na redução da infiltração. O objetivo central desta pesquisa foi avaliar o potencial hídrico da Microbacia do Córrego Seco no município de Ipiranga de Goiás, quantificar a vazão dos dez córregos localizados em propriedades rurais no município e, através do mapeamento de uso e cobertura da terra, verificar problemas e com os usos da água e o manejo da microbacia, subsidiando dados para as futuras elaborações do Plano Estadual de Recursos Hídricos.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica, vazão d'água, áreas de preservação permanente.

5 CHAPTER II

WATER POTENTIAL ASSESSMENT OF THE *ALTO DO RIO TOCANTINS* AND OF THE *RIO PRETO* SUB-BASIN IN THE MUNICIPALITY OF *IPIRANGA DE GOIÁS*, GOIÁS STATE, BRAZIL

(Standards according to Ambiente & Água Magazine)

Abstract - Brazil has a large amount of water resources, but their distribution is not uniform throughout the territory, which can lead certain regions of greater water vulnerability to critical stages related to water supply, combined with aggravating factors such as a reduction in rainfall and population densification. Thus, this paper aimed to monitor the flows of ten streams belonging to the *Córrego Seco* microbasin. Monthly measurements were carried out over a hydrological year (April/2021 to April/2022). Measurements were always carried out at the end of each month at the collection points. The flow measurement data was collected by the hydrometric windlass method. It was possible to verify the land use, the springs, and the permanent preservation areas, in addition to monitor the flow of the ten streams, through the land use and occupation map. The results allowed to highlight the extremes of the spring capacity, increasingly affected by pressures of increasing supply demands from agricultural and livestock activities. The system of livestock activities and sugarcane crops may be influencing the water table recharging, since soil compaction alters the hydrological cycle phases, interfering on the surface runoff and in reducing infiltration. This study main objective was: (a) to evaluate the water potential of the *Córrego Seco* microbasin in the municipality of *Ipiranga de Goiás*, Goiás State, Brazil; (b) to quantify the flow of the ten streams located in rural properties in this municipality; and (c) to verify problems and conflicts related to the use of water, and the management of the microbasin, mapping the use and land cover subsidizing data for future elaborations of the State Plan for Water Resources.

Keywords: Hydrographic basin. Permanent preservation areas. Water flow.

5.1 Introdução

A negligência no manejo dos recursos hídricos tornou-se uma ameaça à disponibilidade de água com qualidade para diversos fins. Por meio de projeções, a Organização das Nações Unidas tem advertido que o consumo mundial de água subterrânea deve continuar a aumentar a uma taxa anual de 1% a 2%, por isso muitos problemas surgirão em virtude da escassez de água em países cujas demanda e exploração deste recurso ultrapassam as condições naturais de recarga dos aquíferos (UNESCO, 2012). Em muitos casos, o maior desafio é garantir a qualidade da água, independentemente de ela estar armazenada superficialmente (lagos, rios, oceanos) ou em subsuperfície (águas subterrâneas).

Um dos princípios norteadores da gestão sustentável da água enfatiza que seu gerenciamento deve ser baseado na participação dos usuários, dos gestores e dos formuladores de políticas em todos os níveis (BRASIL/ANA, 2011). Tendo em vista essa perspectiva, fica evidente que os comitês de bacias, universidades e sociedade civil detêm grande responsabilidade na gestão dos recursos hídricos.

A região Centro-Oeste também apresentou evolução tímida. Em 2000, essa região contava com 94% de sua população com fornecimento de água potável por rede de distribuição. Em 2006, o valor era de 97% dos domicílios urbanos nessa condição, enquanto em 2013, esse indicador era de 98%. As regiões Nordeste e Norte avançaram consideravelmente nas últimas duas décadas. Na primeira, em 2000, 88% dos domicílios urbanos apresentava condição de acesso à água potável por rede de distribuição, passando para 95% em 2006, chegando a 94% em 2013, o que implica um pequeno retrocesso (BRASIL/IPEA, 2016)

O gerenciamento de recursos hídricos tem como objetivo solucionar os usos resultantes do uso intensivo da água, consequência do crescimento econômico e populacional, e preservar as funções hidrológicas, biológicas e químicas dos ecossistemas, assim como garantir que esse recurso se mantenha com oferta adequada (CRUZ; TUCCI, 2008). Para isso, a outorga do direito de uso da água, instrumento da Lei Federal nº 9.433 de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso (BRASIL, 1997).

Em países como o Brasil, cujas dimensões são continentais, o monitoramento dos rios muitas vezes acaba não abrangendo todas as áreas de interesse (MELATI;

MARCUZZO, 2016), tendo como consequência desafios preponderantes na estimativa da disponibilidade de água superficial nas bacias hidrográficas. Desta maneira, preliminarmente, devem ser desenvolvidos estudos hidrológicos que maximizem as informações fluviométricas existentes e, em paralelo ao procedimento de outorga, desenvolver ações técnicas que mitiguem o efeito da carência de dados, ou na situação ideal, que as eliminem (SILVEIRA *et al.*, 2003).

Em todo o mundo, os seres humanos utilizam os sistemas fluviais para fins múltiplos, recebendo inúmeros benefícios com diferentes impactos e respostas no espaço e no tempo (GURNELL *et al.*, 2016). De acordo com Andrade, Mello e Beskow (2013), a descarga de sedimentos pelos canais de drenagem é o produto final da atuação de uma série de processos que se iniciam com a precipitação sobre a bacia, interagindo com cobertura vegetal, tipo de solo e de rocha, além do uso e ocupação.

Atualmente, existem diversos trabalhos com enfoque na implantação de projeto de monitoramento da vazão dos principais recursos hídricos. Observa-se cada vez mais a necessidade de armazenar volumes de água de modo a atender demandas hídricas destinadas ao consumo, seja com a intenção de produzir alimentos por meio da agricultura irrigação, a agropecuária, seja para interesses industriais, comerciais, paisagísticos ou para produção animal.

De acordo com Souza, V. *et al.* (2018), em uma gestão sustentável que vise a proteger e restaurar os ecossistemas relacionados com os recursos hídricos, é necessário a produção de dados e de conhecimento científico que subsidie as políticas públicas regulatórias e de controle ambiental, com atenção especial às Áreas de Preservação Permanente - APP no entorno dos córregos, nascentes e olhos d'água, pois elas constituem espaços protegidos importantes na manutenção da qualidade, disponibilidade e desempenho das funções ecossistêmicas das águas afloradas. Neste sentido, o monitoramento da vazão dos córregos é importante ao conhecimento quantitativo de água nas propriedades rurais ao longo do ano e tais conhecimentos poderão subsidiar ações sobre os usos racionais desses recursos em termos qualitativos, ao mesmo tempo que podem apontar formas de preservação e conservação desses ambientes.

Além disso, o conhecimento de vazões desses mananciais poderá apontar condições de abastecimentos de propriedades rurais em seu entorno, gerando água para as atividades agropecuárias dessas propriedades, além de subsidiar ações institucionais de proteção desses ambientes (BEZERRA, 2008).

O objetivo central desta pesquisa foi avaliar o potencial hídrico da Microbacia do Córrego Seco no município de Ipiranga de Goiás, quantificar a vazão dos dez córregos localizados em propriedades rurais no município e, através do mapeamento de uso e cobertura da terra, verificar problemas com os usos da água e o manejo da microbacia, subsidiando dados para as futuras elaborações do Plano Estadual de Recursos Hídricos.

5.2 Material e métodos

5.2.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo está localizada, no Vale de São Patrício, município de Ipiranga de Goiás, localizado no Centro Norte do Estado de Goiás, na Bacia Araguaia Tocantins. Tem como municípios vizinhos: Itapaci, Rubiataba Nova Glória, e Ceres. O município é banhado pelo Rio das Almas a leste, pelo Córrego Grande na parte central, onde está localizada a sede do município, e pelo Rio São Patrício ao Norte, fazendo a divisa com o município de Itapaci, onde estão localizados os dois distritos do município, Quebra-Coco e Bom Jesus, que ficam a três quilômetros do Rio das Almas.

A pesquisa foi dividida em quatro etapas, que compreendem: Localização e delimitação da microbacia em estudo; Medição da Vazão; Classificação e Codificação Otto Pfafstetter dos mananciais; e Análise e mapeamento da área em estudo. Os córregos estão localizados em dez propriedades rurais no município de Ipiranga de Goiás, distante cerca de 10 km da sede municipal. Esses mananciais foram codificados e enumerados de 1 a 10 com os nomes e as coordenadas geográficas (Tabela 5.1).

Tabela 5.1 – Córregos e coordenadas geográficas no município de Ipiranga de Goiás

Nome do Manancial	Latitude	Longitude
1-Córrego Seco	-15°12'29,5"	-49°41'28,4"
2-Córrego União	-15°12'50,9"	-49°38'34,8"
3- Córrego Seco I	-15°11'42,5"	-49°37'05,1"
4- Córrego Grande	-15°09'56,5"	-49°39'01,0"
5- Córrego Barraca	-15°10'16,9"	-49°41'41,5"
6- Córrego Javaés	-15°09'10,6"	-49°41'08,4"
7- Córrego Cristal	-15°08'45,8"	-49°40'26,3"
8- Córrego Seco II A	-15°07'14,2"	-49°39'50,8"
9- Córrego Seco II B	-15°05'03,2"	-49°39'10,8"
10-Córrego Seco/Grande (encontro)	-15°03'06,7"	-49°39'11,5"

Fonte: A autora (2022).

5.2.2 Etapas da Pesquisa

A pesquisa foi dividida em quatro etapas para facilitar a sequência e OS procedimentos metodológicos de caracterização da morfometria da microbacia do Córrego Seco (Fig. 5.1).

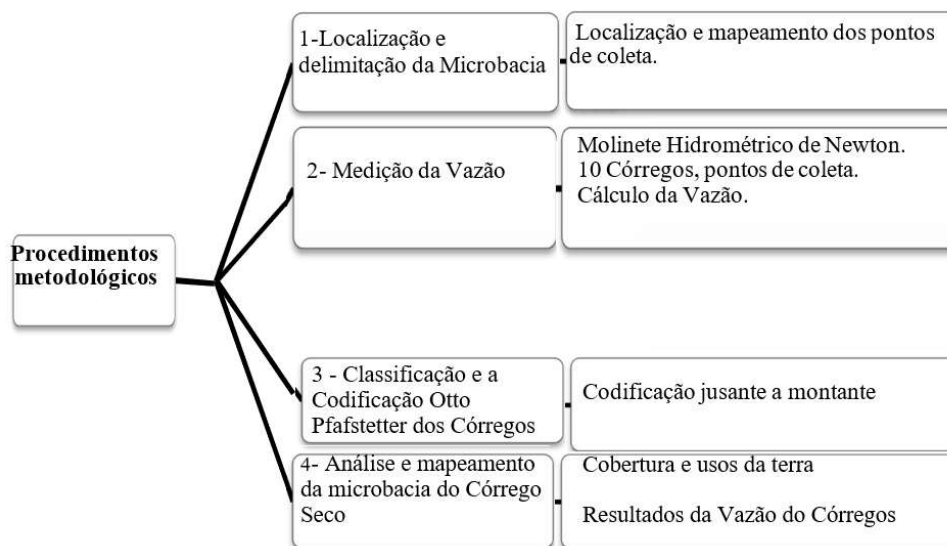


Figura 5.1 - Resumo esquemático dos procedimentos metodológicos utilizados

Fonte: A autora (2022).

5.2.2.1 Etapa 1: localização e delimitação da microbacia em estudo (descrição dos pontos de coleta)

A área estudada faz parte da sub-bacia alto do Rio Tocantins e Rio Preto no município de Ipiranga de Goiás e da implantação de Projetos de Irrigação de cana-de-açúcar no Vale de São Patrício. Este projeto de agricultura irrigada faz parte da Usina de Cana-de-Açúcar Cooper Rubi e Agro, no qual o município de Ipiranga de Goiás está inserido. Segundo o IBGE (2010), o projeto é composto por aproximadamente cinco mil hectares de áreas irrigáveis. Segundo Martins e Silva, M. (2004), cultivam-se duas safras anuais com larga aplicação de adubação nitrogenada e defensivos agrícolas, sendo oito aplicações por safra. Diante disso, a implantação desses projetos de agricultura moderna pode se tornar uma incógnita, ocasionando impactos sobre os corpos d'água e riscos para as comunidades urbana e rural desta região.

Portanto, é de grande relevância um estudo para a implantação e a medição da vazão dos principais córregos no Município de Ipiranga de Goiás, compreendendo

Córrego Seco, Córrego União, Córrego Seco I, Córrego Grande, Córrego Barraca, Córrego Javaés, Córrego Cristal, Córrego Seco II A, Córrego Seco II B e Córrego Seco Grande/Seco (Encontro), totalizando 10 (dez) cursos d'água, todos de uso predominantemente agrícola e de uso prevalente pecuário.

O Córrego Grande, que corta o município de Ipiranga de Goiás, está localizado na área urbana, e o Córrego Café, também está localizado na área urbana do distrito de Bom Jesus do município, e o Rio São Patrício, que está sob forte afluxo de turistas. A Figura 5.2 mostra o mapa com os pontos de monitoramento.

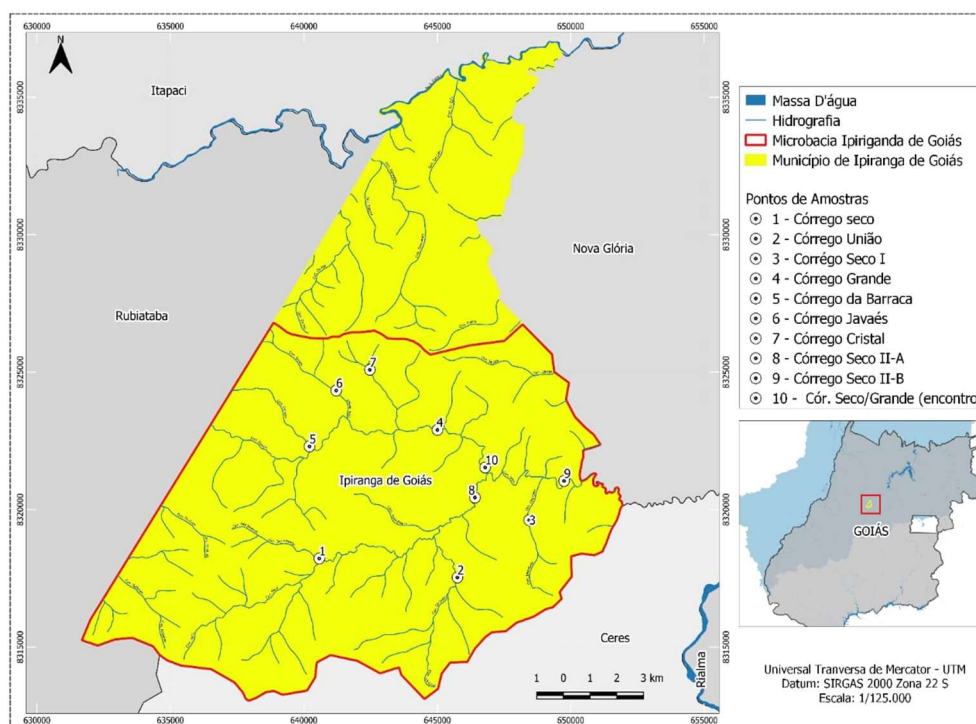


Figura 5.2 - Localização e identificação dos pontos de coleta e medições da vazão na microbacia do Córrego Seco

Fonte: A autora (2022).

5.2.2.1.1 Mapeamento e delimitação da microbacia em estudo dos córregos

Para a delimitação da microbacia da area de estudo, foram utilizadas as geotecnologias (geoprocessamento, sensoriamento remoto, *Global Navigation Satellite System* – GNSS, cartografia automatizada, Sistema de Informação Geográfica – SIG, entre outras) aplicadas aos estudos e avaliações dos recursos hídricos, que auxiliam nas interpretações das influências dos aspectos físicos e antrópicos na dinâmica hídrica das bacias.

As geotecnologias podem ser usadas em estudos de bacias hidrográficas como subsídio à compreensão do comportamento hidrológico, possibilitando a obtenção de resultados representativos, de forma rápida e econômica. Para organização, processamento e representação dos dados de modelagem hidrológica, foi utilizado software livre (gratuito) com grande diversidade de ferramentas analíticas e de processamento, como no software QGIS v. 2.18 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2016).

A Figura 5.3 mostra a delimitação da bacia hidrográfica Tocantins-Araguaia e com a microbacia de estudo, com a localização dos pontos de coleta em dez propriedades rurais no município de Ipiranga de Goiás.

5.2.2.2 Etapa 2: medição da vazão (equipamentos e materiais utilizados para as medições)

Os equipamentos utilizados para as medições das vazões dos 10 (dez) córregos são: Molinete Hidrométrico Universal de Newton; 1 trena graduada de 100 metros; duas estacas de madeira; uma corda de 50 m; 10 planilhas para anotações dos dados; 1 prancheta; 1 martelo; 1 enxadão; e 1 celular com o aplicativo *timestamp* para as fotos com as coordenadas geográficas e identificação dos pontos de coleta (Fig. 5.3).



Figura 5.3 - Molinete hidrométrico de Newton (1), Contador de pulsos (2), Corda e trena (3), Planilha de dados (4) Estacas (5) Montagem para a medição da vazão (6).

Fonte: A autora (2022).

5.2.2.2.1 Período das medições

As medições das vazões dos 10 (dez) córregos foram feitas mensalmente de abril de 2021 a abril de 2022, sempre no final de cada mês, perfazendo doze meses de medições, completando, assim, um ciclo hidrológico anual.

A avaliação da disponibilidade hídrica em um manancial de superfície pode ser feita por meio do monitoramento da vazão, que consiste em medir com determinada frequência o volume de água que passa por um canal em um determinado tempo (CARVALHO, N., 2008). Geralmente a vazão é expressa em litros por segundo (L/s) ou por hora (L/h), ou metros cúbicos por segundo (m^3/s) ou por hora (m^3/h), dependendo do volume de vazão do manancial.

A disponibilidade hídrica do manancial é representada pelas vazões medidas. Entende-se por vazão a quantidade volumétrica de um fluido que passa pela seção de um canal, ou seja, vazão é a rapidez com que um fluido escoar (BRASIL, 1997). Existem diversos métodos para medição de vazão em cursos d'água, entre eles, um dos mais precisos é o método do molinete hidrométrico, que foi utilizado nesta pesquisa (COSTA *et al.*, 2007).

Medir as vazões pelo método convencional com molinete hidrométrico: As medições foram feitas pelo método convencional, com o molinete hidrométrico. O método convencional de avaliação da descarga líquida de um curso d'água consiste na utilização de um molinete hidrométrico para a quantificação da velocidade em diferentes profundidades verticais, determinadas conforme a largura e as profundidades da seção transversal (GOMES, 2003).

O molinete hidrométrico permite a determinação da velocidade do fluxo de água por unidade de tempo, de maneira pontual e em diferentes profundidades e verticais. Segundo Carvalho, N. (2008), os molinetes são instrumentos manuais constituídos por uma hélice que converte a translação da corrente de água em seu movimento de rotação, sendo utilizado um contador de giros para determinação do número de giros que a hélice realizou em um intervalo de tempo. Posteriormente, a velocidade do fluxo pode ser calculada pela equação do molinete fornecida pelo fabricante do instrumento, especificada de acordo com o equipamento utilizado, existindo, deste modo, uma equação específica para cada molinete.

Porém a dificuldade em aplicar esse método consiste em adquirir o equipamento,

ou instalar os equipamentos utilizados. Após implementação do método, a medição fica facilitada, necessitando apenas de uma corda, uma trena para medir a largura do córrego e a profundidade para calcular a vazão.

A precipitação média anual do município de Ipiranga de Goiás (Fig. 5.4) mostra que na região da microbacia do Córrego Seco, a variação foi de 120 mm a 129 mm de precipitação média anual, e na região de confrontantes de Rubiataba, Itapaci e Nova Glória, houve uma semelhança na precipitação, pois a variação foi de 129 mm a 137 mm de precipitação anual, segundo o Sistema Estadual de Geoinformação do Estado de Goiás – SIELG (2013).

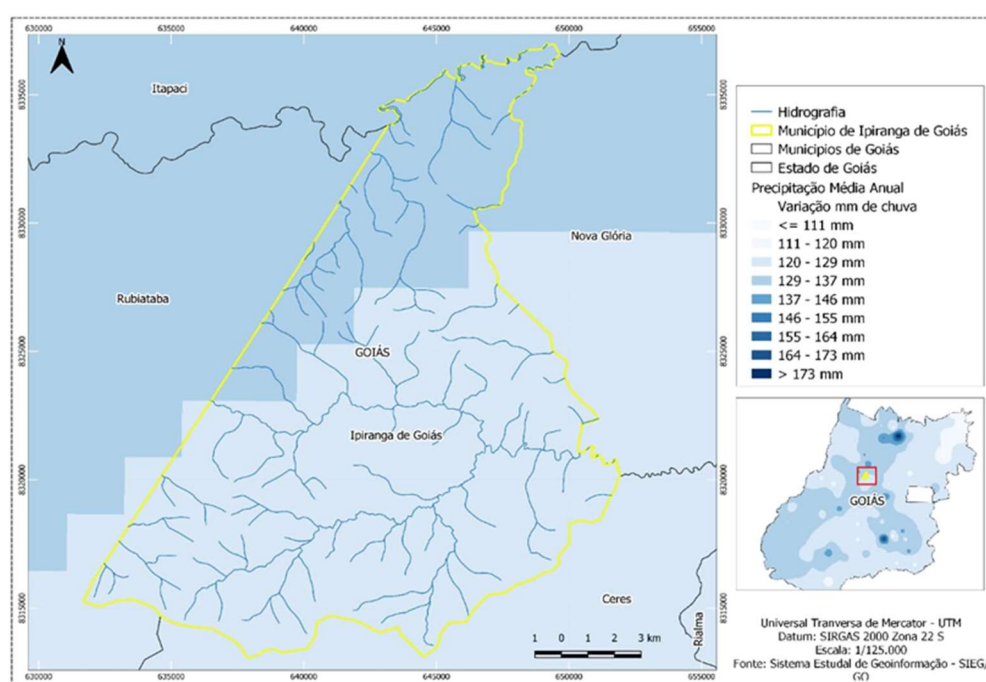


Figura 5.4 - Mapa de precipitação média anual do município de Ipiranga de Goiás
Fonte: A autora (2022).

5.2.2.2.2 Caracterização dos pontos de coleta

Ponto 1 - Córrego Seco - (Elevação 580,4 m Coordenada Geográfica - 15°12'29,5" S -49°41'28,4" W). O ponto 1 situa-se na entrada de acesso à GO 434, tem 10 m de largura e 1,50 m de profundidade, perene, situa-se próximo ao reservatório construído na área agrícola, detém grande quantidade de água que é utilizada na irrigação das lavouras. A fitofisionomia desta área foi descrita por Brito *et al.* (2004), como cerrado e matas ripárias, cerrado, embora grande parte da vegetação tenha sido desmatada no entorno do Córrego Seco para o plantio de cana-de-açúcar. Na medição feita no mês de abril de 2021, observou-se que, pela sua proximidade em relação à área urbana, as matas

ripárias do Córrego Seco apresentaram-se reduzidas, sobretudo em razão do acesso dos banhistas ao rio, o que possivelmente poderá favorecer a ocorrência de processos erosivos e consecutivo carreamento de material particulado para o corpo hídrico.

Ponto 2 - Córrego União - (Elevação 546,2 m Coordenada Geográfica - 15°12'50,9" -49°38'34,8"). O ponto 2 situa-se em áreas de transição de plantio de cana-de-açúcar, tem 5 m de largura e 1,50 m de profundidade, na medição feita em 21 de fevereiro de 2021. As áreas de cerrado e as áreas de tensão ecológica cumprem domínio de vegetação típica de cerrado e foram devastadas para o plantio de cana-de-açúcar em função do relevo mais plano e favorável ao estabelecimento das atividades agropecuárias, estabelecendo um uso do solo às atividades agropecuárias com grandes desmatamentos na região

Ponto 3 - Córrego Seco I - (Elevação 542,4 m Coordenada Geográfica - 15°11'16,308" S -49°38'13,29" W). O ponto 3 situa-se numa propriedade rural nas proximidades da GO 434 a 5 quilômetros do município de Ipiranga de Goiás, tem 7 m de largura, 0,70 m de profundidade e é perene. Tem partes de suas áreas de preservação permanente. Pelo processo de antropização, é usado para a dessedentação de animais, e o processo de retirada de vegetação está, em sua maioria, relacionado às atividades de agricultura e pecuária.

Apesar de a ação antrópica na região estar em curso desde a década de 70, sendo, portanto, um processo recente, tem se agravado nos últimos anos (CHAGAS *et al.*, 2017). Na medição feita em 30 de outubro de 2021, o Córrego Seco I tem somente 50% das matas ciliares preservadas, tendo sido encontrada uma instalação de bombeamento de água para irrigar cana-de-açúcar. O local da coleta apresentou-se com 80 cm de profundidade, o córrego é perene, a nascente encontra-se a 3 km de distância, presença de ponte e acesso de veículos. Está em médio estado de degradação, pois foram encontradas lavouras de banana e cana-de-açúcar nas áreas de preservação permanente.

Ponto 4 - Córrego Grande - (Elevação 545,6 m Coordenada Geográfica - 15°09'56,5" -49°39'01,1"). O ponto 4 situa-se no Córrego Grande, é um dos três mais importantes corpos d'água urbano que recebe a drenagem fluvial dos córregos e as nascentes do município.

Gonzaga, Carvalho, A. e Lollo (2010) constataram problemas com a qualidade de água do recurso, fortemente influenciada pelo uso e ocupação do solo, com indícios

de ligações clandestinas de esgoto doméstico, escoamento superficial urbano e fluxos provenientes da rede de drenagem urbana, presença de animais mortos dentro do córrego, além da ausência quase que parcial de mata ciliar nas Áreas de Preservação Permanente (APP), o que contribui diretamente para a degradação da qualidade de água do Córrego Grande, que tende a piorar nos próximos anos com o aumento da população.

Na medição feita em 12 de fevereiro de 2021 do Córrego Grande, sua nascente está a 10 km do ponto de coleta e, quando ocorrem enchentes, há um aumento de 4 m de largura. Em suas proximidades, há presença de pastagens e criação de gado, tendo acesso para banhistas nos finais de semana.

Ponto 5 - Córrego da Barraca - (Elevação 580,4 m Coordenada Geográfica -15°10'16,9" -49°41'41,5"). O Córrego da Barraca é um tributário do Córrego Grande, tem as áreas de preservação permanente preservadas, havendo locais em que as APP chegam a 50 m. Na medição feita no dia 12 de fevereiro, o córrego apresentou-se com 1,50 m de profundidade e 3 m de largura.

É um córrego perene e em suas proximidades se encontrou plantio de cana-de-açúcar. A degradação ambiental está fortemente ligada à maneira como o homem tem ocupado e utilizado a terra, de forma impensada e predatória, modificando severamente a paisagem original, gerando sérios danos. Campos, V. e Fracalanza (2010) consideram como catalisador do problema o atual modelo socioeconômico de desenvolvimento adotado no país, o qual apresenta permanente conflito com o ambiente, pela ausência, muitas vezes, de uma ocupação planejada.

Para os autores, o conhecimento das áreas de uso de uma determinada região, além de possibilitar o direcionamento adequado do tipo de manejo, permite identificar possíveis problemas acarretados pelo efeito das ações antrópicas sobre essas regiões, tendo relação direta com a conservação e a exploração sustentável dos recursos naturais. Dentro dessa abordagem de degradação da paisagem, a bacia hidrográfica surge como elemento chave para uma análise mais apropriada. Conforme é ressaltado por Zanata *et al.* (2015), a bacia é um sistema aberto, em que o fluxo de matéria e energia é dinâmico e altamente dependente da gestão do meio ambiente (SILVA, G.; COSTA JÚNIOR; SILVA, F., 2014).

Ponto 6 - Córrego Javaés - (Elevação 575,9 m Coordenada Geográfica -15°09'10,6" -49°41'08,4"). O ponto 6 situa-se na entrada de acesso à lavoura de cana-de-açúcar, próximo à área agrícola, grande quantidade de água, tem 5 m de largura e

1,5 m de profundidade. É um córrego perene e suas águas são utilizadas na irrigação das lavouras, pois existe bombeamento para lavouras de milho dos pequenos produtores.

A fitofisionomia desta área foi descrita por Brito *et al.* (2004) como cerrado e matas ripárias, embora grande parte da vegetação tenha sido desmatada no entorno do Córrego. Provavelmente devido à sua proximidade em relação à área urbana, as matas ripárias do Córrego Javaés se apresentam reduzidas, pelo acesso dos pescadores e pela degradação causada pelo plantio de cana-de-açúcar nas proximidades do córrego, o que possivelmente poderá favorecer a ocorrência de processos erosivos e consecutivo carreamento de material particulado para o corpo hídrico. Nas laterais do Córrego Javaés, há valas de contenção para não ocorrer contaminação do córrego no momento da aplicação de vinhaça nas lavouras de cana-de-açúcar.

Ponto 7 - Córrego Cristal - (Elevação 573,3 m Coordenada Geográfica - 15°08'45,08" -49°40'26,3"). O Córrego Cristal, na medição ocorrida em 13 de fevereiro de 2021, apresentou 5 m de largura, 1,80 m de profundidade, tem pontos de bombeamento de água para irrigação de milho e hortaliças nas pequenas propriedades rurais, partes de suas áreas de preservação permanente são preservadas pela espécie nativa com o nome popular e jaborandi, *Piper Aducum*. Trata-se de um córrego perene.

Muitos são os interesses sobre o uso da água. A gestão compartilhada dos recursos hídricos tem buscado arbitrar sobre todos esses interesses de modo a prevenir ou mediar os usos surgidos. Para tanto, o envolvimento e a participação dos diversos atores envolvidos são de extrema importância para que sejam encontradas soluções.

Ponto 8 - Córrego Seco II A - (Elevação 531,9 m Coordenada Geográfica - 15°10'55,772" -49°39'21,207"). O Córrego Seco II A tem 8 m de largura, 1,20 m de profundidade máxima no período chuvoso, é perene, tem partes de suas áreas de preservação permanente preservadas. Foi verificada a existência de bomba de captação de água para a irrigação de cana-de-açúcar. Com relação à cobertura da terra, nota-se predomínio de atividades agrícolas com poucos fragmentos de vegetação natural. A vegetação densa ou cobertura arbórea só está presente nas margens dos principais rios e córregos e em algumas porções isoladas da bacia hidrográfica.

Ponto 9 - Córrego Seco II B - (Elevação 524,7 m Coordenada Geográfica - 15°05'03,2" -49°39'10,8"). O Córrego Seco II B situa-se numa propriedade rural nas proximidades da GO 434 a 5 km do município de Ipiranga de Goiás. Esse córrego tem

7 metros de largura, 0,50 m de profundidade e é perene. Nas margens do Córrego Seco II B, há acesso de gado para sua dessedentação nas proximidades de áreas de preservação permanente degradadas.

Durante a visita a campo, foram encontrados diversos pontos de erosão, alguns em estado bastante avançado. Foram observados assoreamentos, foram também identificadas áreas úmidas, locais de plantio de milho, obras, atividades agrícolas e pecuárias e áreas de preservação permanente degradadas, conforme observado em vistoria no local.

Ponto 10 - Córrego Seco/Grande (encontro) - (Elevação 524,4 m Coordenada Geográfica -15°11'16,536" -49°38'13,986"). O Córrego Seco/Grande (encontro) é o encontro do Córrego Seco com o Córrego Grande. Tem 10 m de largura, 0,30 m a 1,20 m de profundidade, locais com 1,0 m de profundidade e é perene. Tem partes de suas áreas de preservação permanente preservadas.

Têm ocorrido divergências de uso da água nas áreas de preservação permanente. Vale ressaltar que os problemas de uso se referem a qualquer tipo de uso antrópico identificado nos limites das áreas que deveriam ser destinadas à preservação permanente. A mata ciliar é bem preservada com consideráveis áreas de vegetação densa em determinados trechos, principalmente na margem direita do córrego. Há fragmentos de atividade agrícola por toda a sua extensão. Na visita a campo, foram avistadas grandes fazendas com maquinário pesado e plantação de cana-de-açúcar em áreas em que deveria haver mata ciliar.

5.2.2.2.3 Medições e pontos de coleta nos córregos

Para cada ponto, foram feitas quatro medições verticais com distâncias diferentes, de abril de 2021 a abril de 2022, de acordo com a largura dos córregos.

Para determinação das descargas líquidas, foram utilizadas medições diretas e indiretas da velocidade de fluxo da água nos pontos de coleta dos córregos. Convenientemente foi utilizado o molinete hidrométrico de Newton para as medições das vazões, ou seja, equipamentos de medição de descarga convencionais que têm como critério de utilização o comportamento hidrológico estabelecido pela sazonalidade e a profundidade média do corpo hídrico superficial.

Para a determinação da estimativa de vazão pelo método do molinete



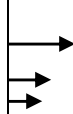
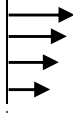
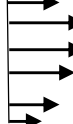
hidrométrico, de acordo com Villela e Matos (1975), com adaptações, foram obedecidos os seguintes princípios:

- a) as seções transversais serão divididas em número de posições, no mínimo dez, para levantamento do perfil;
- b) levantamento do perfil de velocidades;
- c) estimativa da velocidade média para cada perfil; e
- d) estimativa da vazão a partir da somatória do produto de cada velocidade média por sua área de influência.

A vazão será determinada conforme metodologia preconizada pela Agência Nacional de Águas – ANA, com uso de molinete hidrométrico.

A velocidade do fluxo da água será medida em pontos nas verticais (% em relação à profundidade) a 0,2; 0,4; 0,6 e 0,8, sendo a velocidade média em cada vertical determinada pelo enquadramento (Tabela 5.2).

Tabela 5.2 - Critérios para posicionamento de verticais em relação a profundidade do rio em uma seção transversal

Pontos	Posição na vertical	Velocidade média	Profundidade do rio	
1	0,6 P	$V_m = V(0,6)$	0,15 a 0,6 m	
2	0,2 e 0,8 P	$V_m = [V(0,2) + V(0,8)]/2$	0,6 a 1,2 m	
3	0,2; 0,6 e 0,8P	$V_m = [V(0,2) + 2(0,6)V(0,8)]/4$	1,2 a 2,0 m	
4	0,2; 0,4; 0,6 e 0,8P	$V_m = [V(0,2) + 2(0,4) + 2V(0,6) + V(0,8)]/6$	2,0 a 4,0 m	
6	Sup; 0,2; 0,4; 0,6 e 0,8 e fundo	$V_m = [V(0,2) + V(0,4) + V(0,6) + V(0,8) + V_f]/10$	>4,0 m	

Fonte: Hidrometria Slide Player (2022).

A área da seção será calculada pelo método da meia seção, e com os valores das velocidades médias das verticais e das áreas das subseções foi determinada a vazão [Equação (5.1)]:

$$Q = \sum Q_i = \sum A_i \bar{v}_i \quad (5.1)$$

em que:

Q: vazão do rio ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$);

Q_i : vazão entre duas verticais ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$);

A_i : área entre duas verticais (m^2); e

\bar{v}_i : velocidade média entre duas verticais (m s^{-1})

O método da meia seção consiste no cálculo das vazões parciais por meio da multiplicação da velocidade média na vertical pelo produto da profundidade média na vertical e pela soma das semidistâncias das verticais adjacentes (vazão parcial determinada para cada região de influência de uma determinada vertical) (Fig. 5.5) (Tabela 5.3).

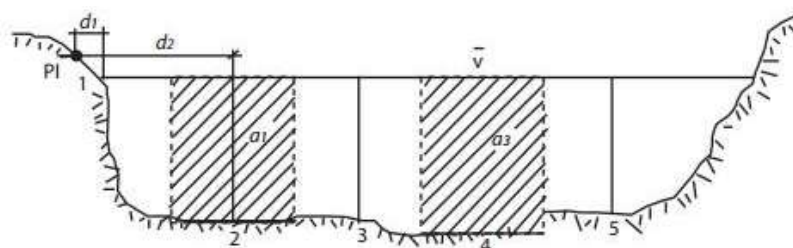


Figura 5.5 - Método da meia seção utilizado para a estimativa das velocidades nas verticais
Fonte: Hidrometria Slide Player (2022).

Tabela 5.3 - Recomendações para o número de verticais em uma seção transversal

Largura do rio (m)	Distância entre verticais (m)	Número de verticais
≤ 3	0,3	10
3 a 6	0,5	6 a 12
6 a 15	1	6 a 15
15 a 30	2	7 a 15
30 a 50	3	10 a 16
50 a 80	4	12 a 20
80 a 150	6	13 a 25
150 a 250	8	18 a 30
≥ 250	12	>20

Fonte: Hidrometria Slide Player (2022).

5.2.2.2.4 Cálculo da vazão dos córregos em estudo

O molinete tem eixo horizontal rotor a uma hélice.

Equação do tipo $V = na+b$, em que n é o número de rotações por segundo, a e b são constantes do aparelho e V é a velocidade em m/s.

Após a medição da vazão, foram feitos os cálculos da velocidade a partir da contagem do número de rotações da hélice (BRASIL/ANA, 2009) [Equação (5.2)]:

$$V = a \cdot \left(\frac{N}{t} \right) + b, \text{ em que } \begin{cases} a = \text{passo da hélice (constante -} \\ \text{função da hélice do molinete)} \\ b = \text{inércia da hélice (constante -} \\ \text{função da hélice do molinete)} \\ t = \text{duração da medição} \\ N = \text{número de rotações da hélice} \end{cases} \quad (5.2)$$

5.2.2.3 Etapa 3: Classificação e a codificação Otto Pfafstetter dos córregos

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) adota como codificação oficial das bacias hidrográficas brasileiras o sistema desenvolvido pelo engenheiro Otto Pfafstetter, conhecido como “Ottocodificação”. A metodologia de codificação de Otto destaca-se de outros métodos de codificação pela facilidade de implementação e interpretação (STEIN, 2018), sendo adotada em diversos estudos para delimitação e classificação de bacias hidrográficas (CURTIS *et al.*, 2018; MULLER; ROLIM; MARCUZZO, 2018; PACHRI *et al.*, 2013; TRINDADE-SANTOS *et al.*, 2018).

A codificação de Otto Pfafstetter, também chamada de “Ottocodificação”, baseia-se na identificação do rio principal, posteriormente suas bacias afluentes são codificadas por área de contribuição. De acordo com a metodologia de Pfafstetter (1989), primeiro é identificado o rio principal da bacia a ser codificada. Em seguida, são separadas as quatro maiores bacias ao longo do rio principal, as quais recebem como código, em ordem de jusante para montante, os números pares 2, 4, 6 e 8. As bacias restantes, chamadas de interbacias, recebem como códigos os números ímpares 1, 3, 5, 7 e 9, também atribuídos de jusante para montante.

O processo de subdivisão das bacias e das interbacias pode ser feito quantas vezes for necessário em vários níveis, desde que o detalhamento da base cartográfica permita. Em cada novo nível, adiciona-se um número à direita no código da bacia codificada. A metodologia de Otto também é de fácil integração com os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), que permitem a delimitação de bacias hidrográficas de forma automatizada, reduzindo o tempo de processamento dos dados e a probabilidade de erros (SILVA, J. *et al.*, 2016).

A classificação de rios normalmente se baseia na numeração crescente dos afluentes de um rio principal da jusante para montante. Quando se entra num afluente, passa-se a um curto grupo de numeração, separado do anterior por um ponto. Havendo

necessidade de prever a inclusão futura de maior número de afluentes de um mesmo rio principal, conforme se aumenta o detalhe da classificação para uma escala cartográfica maior, é necessário reservar razoável número de dígitos para a numeração de rios de um mesmo nível de ramificação de drenagem e de grande extensão em área. Normalmente dois dígitos para cada nível de ramificação acabam se mostrando insuficientes. Deste modo, são necessários números de classificação muito longos para identificar cursos d'água pequenos, de alto nível de afluência, sendo perdida grande parte da numeração para rios não classificados.

Esta classificação, descrita em seguida, tira total proveito dos dez algarismos do sistema decimal em cada dígito da numeração dos rios, dando prioridade às bacias de maior extensão. Deste modo, o número de identificação de cursos d'água, mesmo quando são muito pequenos, apresenta número reduzido de dígitos.

Além desta vantagem, permite definir, sem ambiguidade, a posição de tomadas d'água ou de postos fluviométrico ao longo dos rios, indicando automaticamente a posição de um em relação aos outros, assim como as bacias hidrográficas situadas a montante. O sistema permite um fácil manuseio dos dados em computador. Para obter um satisfatório significado hidrológico, a classificação das bacias deve se basear na configuração natural do sistema de drenagem, abstraindo-se a divisão política dos países. Assim, os rios do Brasil devem ser classificados considerando o conjunto da América do Sul

Para um melhor aproveitamento dos dez algarismos do sistema decimal e cada dígito do número de identificação de um rio de sua Bacia hidrográfica, foram reservados os números pares 2, 4, 6 e 8 para os rios de maior importância num determinado nível de ramificação. A importância de um curso d'água nesta classificação é medida pela área de sua bacia hidrográfica. Hidrologicamente, o curso d'água mais importante deveria ser o de maior deflúvio anual, o que exigiria o conhecimento de um histórico longo das descargas de cada rio na sua foz, tornando a classificação impraticável.

Como em geral os deflúvios anuais dos rios são aproximadamente proporcionais às áreas das suas bacias hidrográficas, escolheu-se esta característica como base da classificação. A área da bacia é perfeitamente definida, bastando recorrer a cartas geográficas em escalas apropriadas. Somente no caso de regiões com grande variação climática dentro da mesma bacia global, como acontece nas regiões costeiras do Brasil ao norte do Rio Jequitinhonha até o Rio Parnaíba, a diversidade de pluviosidade pode originar afluentes mais caudalosos com maior área de drenagem. Em qualquer nível de

classificação, são separados os quatro afluentes com maior bacia de drenagem, seguido ao longo do rio principal de jusante para montante.

5.2.2.4 Etapa 4: Análise e mapeamento da microbacia do Córrego Seco

Para o mapeamento da cobertura e uso e ocupação do solo na microbacia do Córrego Seco, foram utilizadas imagens do satélite, imagem WPM/CBERS^a4A (de 06 de setembro de 2021) (sensor WPM - Câmera Multiespectral e Pancromática de Ampla Varredura), cenas 209 e 132 (órbita/ponto), ano 2021, as quais foram registradas para o fuso UTM 22 S, Datum WGS 1984. São imagens multiespectrais individuais, uma para cada banda, sendo pan, red, blu, gren e nir, dessas foram fundidas red blu e gren, com resolução de 8 m por pixel, no software QGIS, através da ferramenta Semi-Automatic Classification Plugin (SCP), onde foi feita a classificação na imagem. Cada imagem foi separada em uma camada, formando uma imagem RGB+NIR, sendo novamente processada pelo método de pansharpening, com banda pancromática de resolução de 2 m por pixel, resultando em uma imagem multispectral RGB+NIR de resolução de 2 m por pixel.

5.2.3 Resultados e Discussão

5.2.3.1 Classificação e a Codificação Otto Pfafstetter dos córregos da microbacia do Córrego Seco

Partindo da ottocodificação a nível 6, fornecida pela ANA, foi demarcada em ambiente de SIG a ottocodificação a nível 4. A metodologia para codificação está detalhada em Topologia Hídrica: Método de Construção e Modelagem da Base Hidrográfica para Suporte à Gestão de Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas de 2007.

A codificação da subdivisão da área drenada por um rio principal requer primeiramente a identificação dos quatro maiores tributários, de acordo com o critério da área drenada, classificados como bacias que recebem, adicionalmente ao código aplicado no nível 1, os algarismos pares 2, 4, 6, e 8, na ordem em que são encontradas de jusante para montante, ao longo do rio principal.

Em seguida, os demais tributários do rio principal são agrupados nas áreas restantes, classificados como regiões hidrográficas que recebem, adicionalmente ao código aplicado no nível 1 e na ordem em que são encontradas de jusante para montante ao longo do rio principal, os algarismos ímpares 1, 3, 5, 7 e 9, sendo que à área de drenagem 1 foi atribuída a área entre a foz e a região 2, e a área de drenagem 9 foi demarcada da foz da área 8 até a nascente (Fig. 5.7).

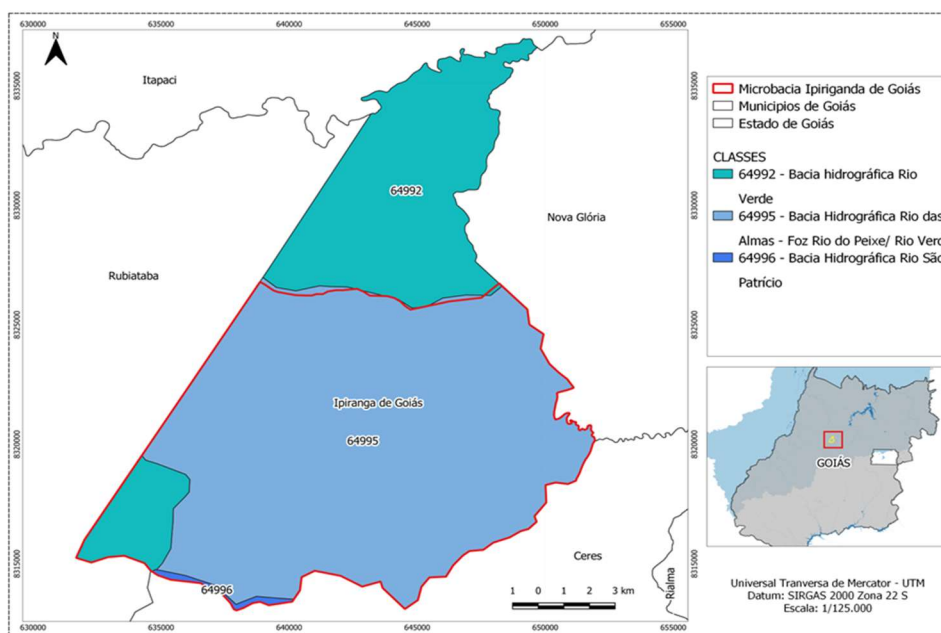


Figura 5.6 - Mapa da classificação de OTTO Pfafstetter da microbacia Córrego Seco
Fonte: A autora (2022).

Feita a ottocodificação, pode-se identificar através dos códigos das bacias sua posição em relação à sua foz, como, por exemplo, saber que a interbacia de código 64992 corresponde à Bacia Hidrográfica Rio Verde, a bacia ottocodificada mais próxima da foz, e que a interbacia de código 64996, Bacia do Rio São Patrício, é a mais distante. Também podemos notar através dos códigos, por exemplo, que a bacia 64995, uma das maiores bacias contribuintes, é a Bacia Hidrográfica Rio das Almas – Foz Rio do Peixe/ Rio Verde, e a microbacia do Córrego Seco, a que está mais próxima da sua foz. Observou-se que a ottocodificação também permite a busca e a identificação, de maneira mais rápida, de pequenas bacias hidrográficas, que são unidades ambientais comumente utilizadas no planejamento e gestão dos recursos hídricos de uma região.

Desta forma, a ottocodificação consiste em uma importante ferramenta na gestão dos cursos d'água pela sua praticidade e padronização, permitindo inferir, através do código, quais bacias hidrográficas se localizam a montante e a jusante da microbacia em

estudo.

5.2.3.2 Avaliação da acurácia da classificação, uso e ocupação do solo da Microbacia do Córrego Seco

A classificação dos segmentos pela separação das áreas com vegetação das demais áreas facilita a análise da cobertura e uso da Microbacia do Córrego Seco. Vale ressaltar que a classe de agricultura de cana-de-açúcar foi separada previamente e classificada de acordo com as classes estabelecidas para a cobertura vegetal definidas neste trabalho (Quadro 5.1). A classificação foi feita em uma imagem multispectral RGB+NIR de resolução de 2 m por pixel.

O Quadro 5.1 apresenta os resultados obtidos pela classificação de uso e ocupação e suas características e mostra também as características da ocupação das áreas de preservação permanente na microbacia do Córrego Seco. Para a classificação, além da imagem de satélite com resolução de 2 m, priorizou-se, em campo, visitar as classes que geraram maiores dúvidas durante a classificação, sendo obtida, dessa forma, uma estimativa de exatidão da classificação.

Quadro 5.1 – Classes de cobertura e uso da terra e suas respectivas características

Classes	Características
Áreas Antrópicas	
Agricultura de cana-de -açúcar	Agricultura ciclo longo e curto
Pastagem	Pastagem intensiva, semi-intensiva e extensiva
Vegetação nativa	Cerrado
Solo Exposto	Áreas degradadas
Área Urbana	Área Urbano
Massa d'água	Córregos da microbacia do córrego seco
Ocupação nas áreas de preservação permanente	
Vegetação nativa	Cerrado
Pastagem	Pastagem intensiva, semi-intensiva e extensiva
Agricultura de cana-de -açúcar	Agricultura ciclo longo e curto
Solo Exposto	APP degradada

Fonte: A autora (2022).

O manejo das bacias, em função do uso e ocupação do solo, associado às suas características, pode interferir significativamente em todo o sistema (APARECIDO *et al.*, 2016). Mudanças em grande escala podem alterar os padrões de clima e precipitação locais, intensificando o escoamento superficial, com consequente aumento nos processos erosivos (GURNELL *et al.*, 2016). Vargas *et al.* (2015) descrevem que, em uma análise geoambiental integrada de qualquer bacia hidrográfica, é necessário pesar os impactos

dos diferentes usos da terra sobre a dinâmica de toda a região.

Em face disso, o planejamento adequado da terra deve ser feito constantemente para que a degradação não ocorra ou pelo menos seja diminuída ao longo da bacia, principalmente nas áreas de preservação permanente (CAMPOS, S. *et al.*, 2013), pois estas áreas são uns dos componentes da natureza que mais influenciam no funcionamento do sistema e têm como função a proteção do solo e da qualidade da água (RODRIGUES *et al.*, 2016).

A importância de abordar esta temática para estudos do uso e ocupação da terra em bacias hidrográficas em espaço urbano revela uma preocupação cada vez mais constante com a análise integrada do meio ambiente, ameaçado pela expansão urbana, poluição de cursos d'água em bacias hidrográficas e impactos gerados pelo homem. As bacias hidrográficas que fazem parte do meio urbano são ainda mais ameaçadas, com deposições constantes de lixo, vulneráveis à canalização (principalmente pela expansão urbana), obras mal-sucedidas para evitar enchentes.

A análise da cobertura e uso da terra para a Microbacia do Córrego Seco considerou 6 classes para a classificação: Agricultura de cana-de-açúcar, Pastagem, Vegetação nativa, Solo Exposto, Área Urbana e Massa d'água.

Na Tabela 5.4, estão descritas as áreas ocupadas por classe de cobertura e uso da terra analisadas para a Microbacia do Córrego Seco.

Tabela 5.4 - Classes de cobertura e uso da terra e as áreas e percentuais

Cobertura e Uso do Solo	Área Total da Microbacia do Córrego Seco	
	(ha)	(%)
Agricultura de cana-de -açúcar	5.133,123	33,93
Pastagem	4.777,703	31,58
Vegetação nativa	4.653,397	30,76
Solo Exposto	478,441	3,16
Área Urbana	71,167	0,47
Massa d'água	13,266	0,087
Vegetação nativa	657,810	66,22
Pastagem	212,286	21,37
Agricultura de cana-de -açúcar	118,116	11,89
Solo Exposto	5,208	0,52
Total de áreas atingidas nas APPs	993,420	100
Área total da microbacia	15.127,097	

Fonte: A autora (2022).

Como pode ser observado (Tabela 5.4), a área total da microbacia é de 15.127,097 ha sendo a classe de agricultura de cana-de-açúcar predominante ao longo de toda a microbacia, representando 33,93% do uso total. De acordo com Prado, F. *et al.* (2015), no geral, a cana-de-açúcar tende a prevalecer por se tratar de uma atividade mais

significativa na microbacia no que se refere à topografia e à necessidade de escoamento de seus produtos.

Segundo Altieri (2004), na área agrícola, deve-se ter um planejamento, incluindo a busca por um sistema sustentável de irrigação e capacitação da água pela microbacia. Assim, destaca-se a ciência da Agroecologia na busca do desenvolvimento sustentável, que visa à aplicação dos princípios ecológicos e manejo de forma a valorizar a complexidades dos agroecossistemas, combatendo os riscos ambientais antrópicos nos biomas.

A atividade agrícola de cana-de-açúcar, em comparação com a pastagem, é bem significativa, e apresenta resultados semelhantes, compondo 31,58% da microbacia, principalmente na região central e nas proximidades da estrada e da zona urbana do município de Ipiranga de Goiás. Segundo Prado, L., Miziara e Ferreira (2012), neste mercado, os locais primeiramente ocupados são aqueles que oferecem a melhor solução na articulação de variáveis como topografia, solos propícios e localização.

Tal situação tem sido observada na microbacia, sendo as áreas mais planas previamente ocupadas por cana-de-açúcar e pastagem nas regiões com relevo mais ondulado. No que tange à classe de vegetação nativa, ela foi identificada durante as atividades de campo e representa 30,76% da área total da microbacia. Áreas com vegetação, nas quais estão incluídas as fitofisionomias de cerrado, são área relativamente preservadas, estando outras áreas em estado avançado de regeneração. As áreas limítrofes sofrem interferência humana intensa, principalmente pelo cultivo de cana-de-açúcar. Embora as características naturais estejam altamente alteradas, podem ainda ser identificados pequenos fragmentos de formações savânicas do tipo Veredas, na área da microbacia.

A diminuição na porcentagem da classe solo exposto evidencia o fato de as áreas de preparação agrícola do solo terem sido englobadas nessa feição por estarem com o solo descoberto após a colheita da cana-de-açúcar. A classe representa 3,16% da área total da microbacia, evidenciando características analisadas como caminho do gado em pastagens e em solo exposto. Também está presente na microbacia a área urbana, município de Ipiranga de Goiás, com um total de 2.944 habitantes (IBGE, 2010c). A população na área urbana perfaz 0,47% da área da área total da microbacia.

A classe de massas d'água corresponde a 0,087% da microbacia, sendo composta por lagos, lagoas e represas, e o percentual desta classe não inclui os córregos. Os córregos principais são o Córrego Grande e o Córrego Seco. A área

também conta com inúmeras represas distribuídas por toda microbacia, nas quais prevalecem o uso para atividade agropecuária, sendo a irrigação de cana-de-açúcar dominante na região. Além das represas, estão presentes lagos e lagoas naturais, principalmente nas áreas próximas às planícies dos principais cursos d'água.

O problema se torna ainda mais preocupante, pois a ocupação também ocorre nos locais destinados à preservação permanente, que são utilizados como áreas de uso alternativo do solo. Durante a pesquisa, puderam ser visualizadas muitas áreas de pastagem e de cana-de-açúcar adentrando as matas ciliares, resultando em destruição da cobertura vegetal. Soares e Souza, J. (2012) citam que qualquer alteração na vegetação ao longo dos rios, por menor que seja, cria instabilidade nas zonas ripárias com consequências sobre toda a estrutura hídrica.

Observa-se que a área total de uso e de ocupação das Áreas de Preservação Permanente na Microbacia do Córrego Seco é de 993,420 ha: 66,22% deveriam ser áreas de vegetação nativa e 21,37%, áreas de pastagens, em áreas de preservação permanente. Essas áreas geraram problemas com o uso em APP: 21,37% são problemas gerados com a pastagem, seguido por 11,89 % com o plantio de cana-de-açúcar e 0,52% de solo exposto (Fig. 5.4).

De acordo com Sá *et al.* (1999), a vegetação desempenha um importante papel ambiental por permitir a proteção da biodiversidade, dos mananciais de água, estabilização de encostas, restabelecimento da paisagem, equilíbrio climático, recuperação do solo, controle de poluição, entre outros. Os resultados dessas porcentagens em APPs são ocupadas com atividades irregulares, principalmente pastagem e agricultura de cana-de-açúcar.

Em face disso, o planejamento adequado da terra deve ser feito constantemente para que a degradação não ocorra ou ao menos seja diminuída ao longo da microbacia, principalmente nas áreas de preservação permanente, um dos componentes da natureza que mais influenciam no funcionamento do sistema, tendo como função a proteção do solo e da qualidade da água (RODRIGUES *et al.*, 2016).

Quando a vegetação nas margens dos rios é retirada, aumenta-se o risco, pois o encharcamento do solo favorece o deslizamento dos barrancos (FREITAS *et al.*, 2013) pelo aumento do escoamento superficial, potencializando o transporte de sedimentos (APARECIDO *et al.*, 2016). Além disso, tais áreas apresentam funções de estabilização, fonte de matéria e energia, filtro de nutrientes, controlador de temperatura e produtividade da água, além de servir de conexão entre paisagens e proteção contra a erosão, entre outras

funções (ROMERO *et al.*, 2014).

Há que se destacar, portanto, que a vegetação ao longo dos rios tem papel fundamental na gestão dos recursos hídricos de toda a microbacia, entretanto é observada ainda pouca atenção dada a essas áreas, principalmente no que diz respeito à sua proteção, conforme definido em legislação.

Do ponto de vista de qualidade ambiental dos corpos d'água, são fundamentais estudos voltados ao diagnóstico das áreas de preservação permanente em relação ao atendimento à legislação, uma vez que os impactos das atividades de uso podem trazer consequências para os recursos hídricos, tornando-o mais suscetíveis aos problemas ambientais, incluindo o incremento na produção de sedimentos.

Estudos mostram a existência de conflitos de uso significativo em relação a estas regiões. Tal situação é agravada pelas ações ilegais de desrespeito ao Código Florestal Brasileiro no que concerne à manutenção da floresta natural ao longo dos rios e nascentes, como também à falta de fiscalização e a dificuldades na recuperação destas áreas (ALMEIDA; VIEIRA, 2014).

Outro aspecto que merece atenção em relação aos problemas existentes nas áreas de preservação permanente refere-se à não garantia de recuperação das áreas degradadas pela legislação ambiental. A Lei n°. 12.651/2012 (BRASIL, 2012) trouxe grandes mudanças no seu processo de recuperação por desobrigar as propriedades rurais que têm área rural consolidada em APP a recuperar a largura mínima exigida para o curso d'água, sendo a recuperação definida de acordo com o tamanho do imóvel, não com a largura do corpo hídrico.

Na distribuição da cobertura e uso da terra da microbacia do Córrego Seco, é evidenciando o predomínio da classe de cana-de açúcar sobre as demais classes analisadas. Observa-se também que a agricultura de cana-de açúcar é predominante especialmente nas regiões com relevo mais plano e mais favorável, além de mostrar a vegetação nativa, recursos hídricos de toda a microbacia (Fig. 5.8).

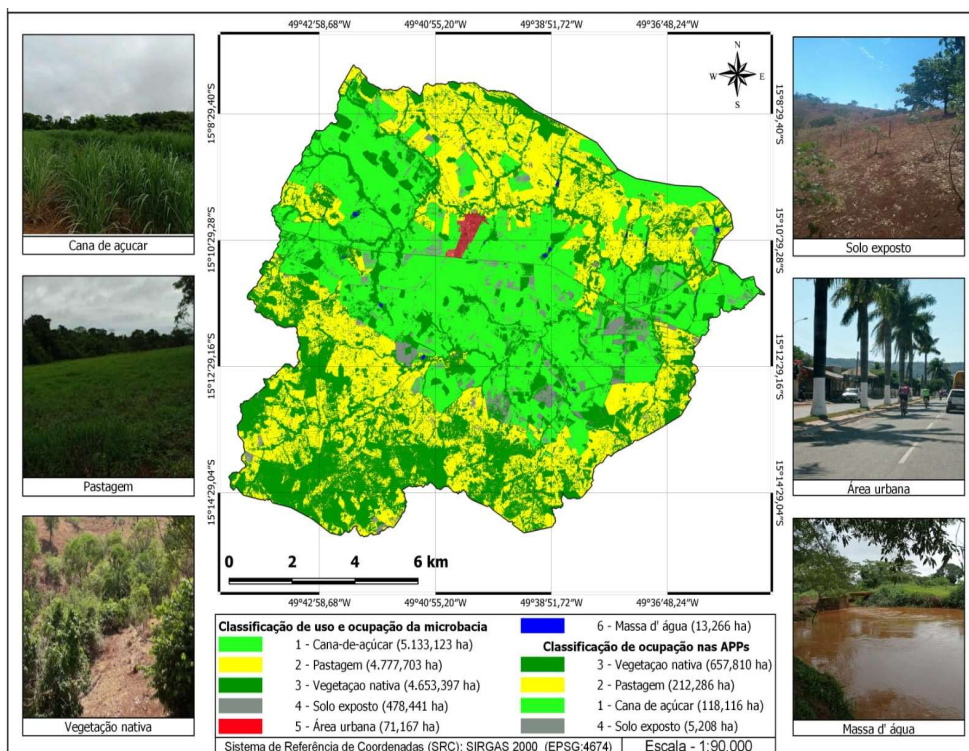


Figura 5.7 - Mapa da classificação de uso e ocupação da microbacia do Córrego Seco
Fonte: A autora (2022).

Tendo em vista as discussões aqui apresentadas, faz-se necessário o estabelecimento de um planejamento ambiental e territorial eficiente, voltado, principalmente, à efetiva proteção e conservação das áreas legalmente protegidas, de modo a garantir a manutenção da qualidade ambiental de toda a microbacia, uma vez que práticas inadequadas de uso e ocupação do solo têm efeitos sobre todo o sistema hidrográfico.

A área total da microbacia em estudo é de 15.127,097 ha, sendo 943,420 ha de áreas de preservação permanente, o exutório da microbacia e as 46 nascentes existentes da Microbacia do Córrego Seco (Fig. 5.8).

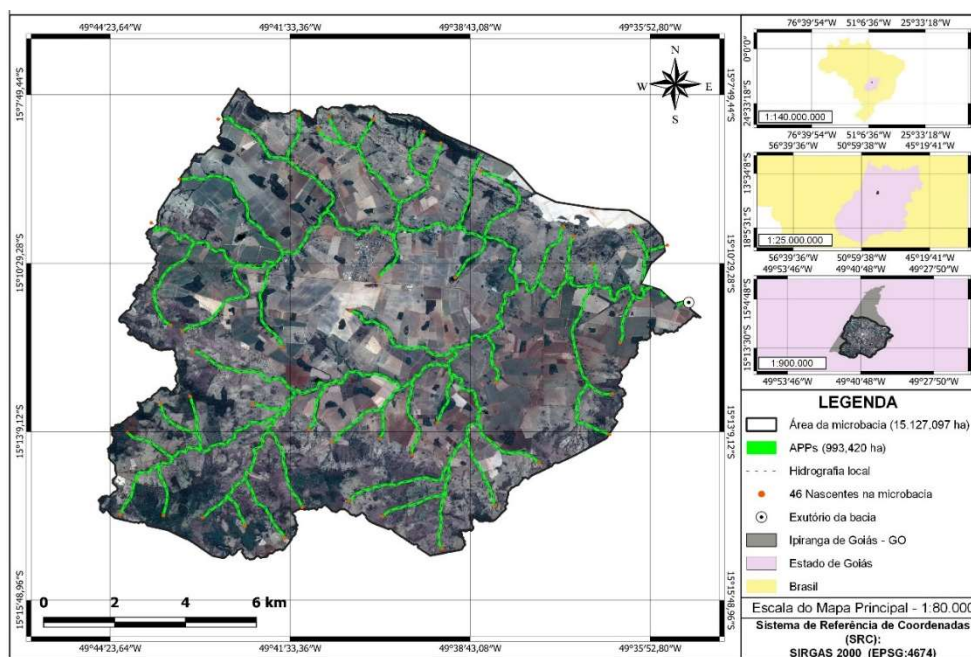


Figura 5.8 - Mapa de caracterização de 46 nascentes da microbacia do Córrego Seco no município de Ipiranga de Goiás
Fonte: A autora (2022).

O mapa da Microbacia do Córrego Seco identificando as 46 nascentes e as das áreas de preservação permanente indica que os usos da água ocorrem em situações de não atendimento às exigências e/ou às demandas da sociedade ou de grupos de usuários relativas ao aproveitamento e/ou ao controle dos recursos hídricos (BRAGA *et al.*, 2002), ou seja, faltam ações que melhor ajustem os padrões de governabilidade (institucional) e de governança visando a estabelecer uma relação alternativa entre o nível governamental e as demandas sociais e gerir os diferentes interesses existentes (CAMPOS, V.; FRACALANZA, 2010).

5.2.3.3 Gráficos temporais dos córregos da microbacia do Córrego Seco

Ponto 1 - O Córrego Seco obteve o maior resultado de vazão nos meses de janeiro e fevereiro de 2022 com 3.371,4 L/s e 3.459,6 L/s, respectivamente, e a menor vazão no mês de setembro de 2021 com 91,9 L/s. Observou-se que os resultados durante o período analisado oscilaram significativamente, sendo o ponto que manteve a vazão se reduziu durante os meses de agosto a 216,2 L/s, setembro a 91,9 L/s e outubro a 21,09 L/s com a baixa precipitação. O que garantiu essa disponibilidade hídrica foi o fato de essa nascente estar presente em mata nativa consolidada, além de ser classificada como perene (Fig. 5.9).

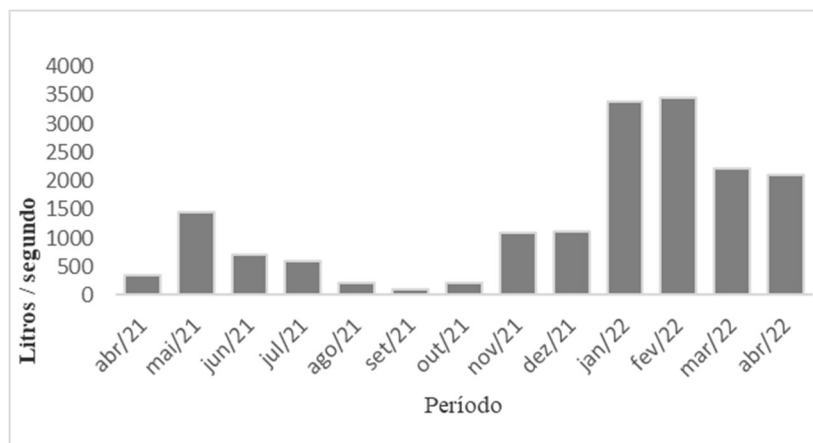


Figura 5.9 - Gráfico de vazões médias mensais de abril/2021 a abril/2022 em Córrego Seco
Fonte: A autora (2022).

O excedente hídrico (no período chuvoso), no período do mês de janeiro a abril de 2022, como pode ser observado, foi um fator imprescindível para o aumento médio da vazão em relação ao período seco. Estes resultados indicam que a microbacia do Córrego Seco está relacionada a seu uso e ocupação, que, por sua vez, interfere na sua quantidade de água superficial.

Ponto 2 - Córrego União, o maior resultado de vazão ocorreu nos meses de dezembro e janeiro de 2022 com 179,3 L/s e no mês janeiro com a maior vazão, 458,8 L/s, e a menor vazão foi no mês de agosto de 2021 com 28,1 L/s. As precipitações desses meses corresponderam a 173,7 mm e 123,1mm, respectivamente. Observou-se período de seca entre os meses de agosto e novembro, quando teve início o período chuvoso.

É possível observar redução nas vazões do Córrego União no mês de agosto, indicando o início do período de estiagem, que diminuem até que seja iniciado o período de chuva, geralmente em novembro (Fig. 5.10).

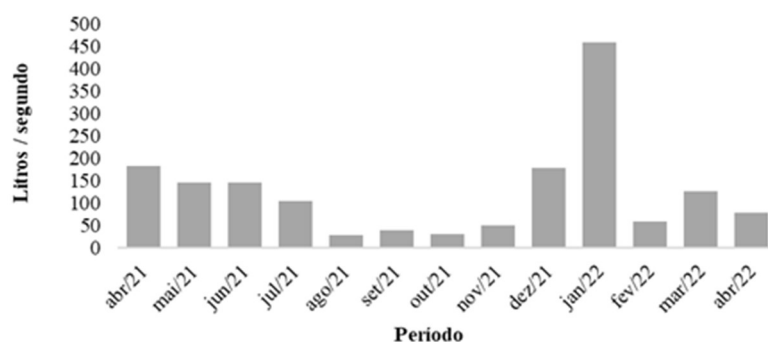


Figura 5.10 - Gráfico de vazões médias mensais de abril/2021 a abril/2022 em Córrego União
Fonte: A autora (2022).

Ponto 3 - O Córrego Seco I obteve o maior resultado de vazão nos meses de

janeiro e março e janeiro de 2022, com a maior vazão 2.467,6 L/s, seguindo para o mês de março com 1.503, L/s e a menor vazão foi no mês de agosto de 2021 com 188,8 L/s e setembro com 133,7 L/s (Fig. 5.11).

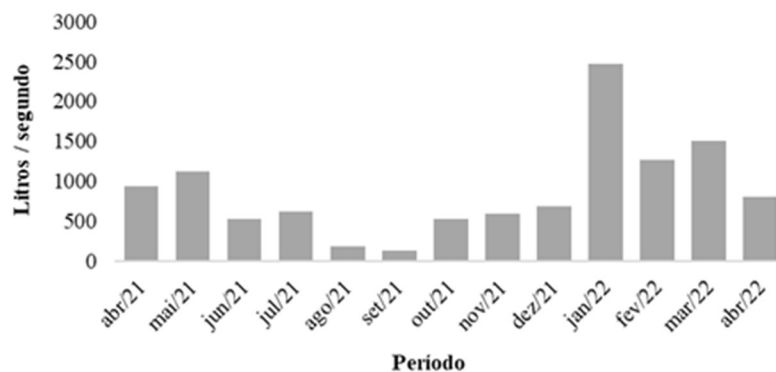


Figura 5.11 - Gráfico de vazões médias mensais de abril/2021 a abril/2022 no Córrego Seco I
Fonte: A autora (2022).

O Córrego Seco I está localizado nas proximidades da GO 434 e é um dos principais cursos de água utilizados para a irrigação de cana-de-açúcar. É de suma importância a adoção de práticas conservacionistas eficientes para evitar processos erosivos, pois, de acordo com Silva, J. *et al.* (2016), alguns dos problemas ocasionados pela erosão hídrica incluem o assoreamento de canais de águas fluviais, a compactação dos solos e a poluição hídrica. Além disso, ressalta-se que houve em 2018 a implantação de plantio de mudas nativas na mata ciliar em parte da Área de Preservação Permanente.

Ponto 4 - O Córrego Grande obteve o maior resultado de vazão nos meses de janeiro, março e janeiro de 2022 com vazão 2.608,6 L/s, seguindo para o mês de março com 1.503,1 L/s e a menor vazão foi no mês setembro com 119 L/s e de agosto de 2021 com 188,8 L/s.

O Córrego Grande é um dos mais visitados pelos banhistas e um dos principais que atravessam toda a microbacia, sendo o mais utilizado para a irrigação de cana-de-açúcar. No ponto de coleta analisado no período chuvoso, houve dificuldades na medição da vazão devido à profundidade e à forte corrente de fluxo. Observou-se que o Córrego Grande é de 3ª ordem e tem as contribuições dos outros afluentes da microbacia do Córrego Seco, e isso justifica o escoamento superficial acelerado (Fig. 5.12).

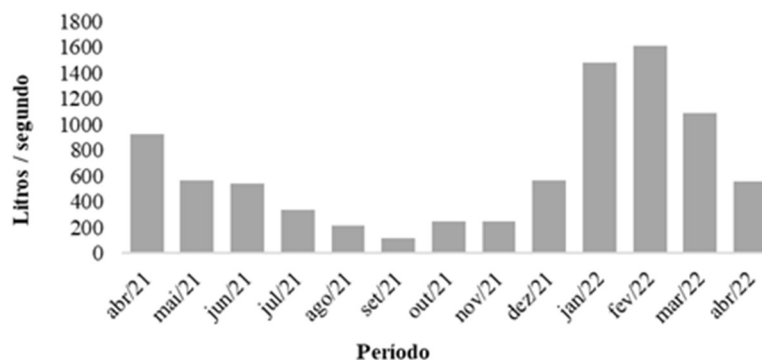


Figura 5.12 - Gráfico de vazões Médias mensais de abril/2021 a abril/2022 em Córrego Grande
Fonte: A autora (2022).

Ponto 5 - O Córrego Barraca é um curso d'água de ambiente lântico, cujo escoamento superficial não tem fluxo contínuo rápido, sendo o maior resultado de vazão no mês de dezembro de 2022 com 781,5 L/s, maio de 2021 com vazão 692,4 L/s e o mês de abril 2021 com 394,6 L/s e o mês de menor vazão com 18,0 L/s foi setembro. O Córrego Barraca, por ser um ambiente de escoamento superficial mais lento, suas vazões foram bem significativas por estar a 4 m das lavouras de cana-de-açúcar, onde foi verificada degradação da área de preservação permanente (Fig. 5.13).

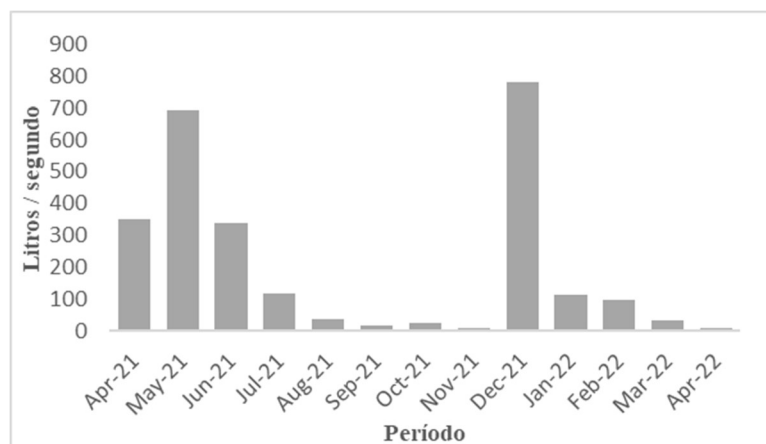


Figura 5.13 - Gráfico de vazões médias mensais de abril/2021 a abril/2022 em Córrego Barraca
Fonte: A autora (2022).

Ponto 6 - O Córrego Javaés é um curso d'água raso, com o fluxo de água corrente, sendo o maior resultado de vazão no mês de janeiro de 2022 com 201,3 L/s e fevereiro de 2022 com vazão 164,3 L/s. Os meses de menor vazão foram agosto com 21,2 L/s e setembro de 2021 com 20,5 L/s. Observou-se que a vazão deste córrego durante os meses de outubro de 2021 a abril de 2022 apresentou um comportamento natural nos períodos chuvosos, que se concentram no verão, de novembro a março, com estiagem de maio a setembro (Fig. 5.14).

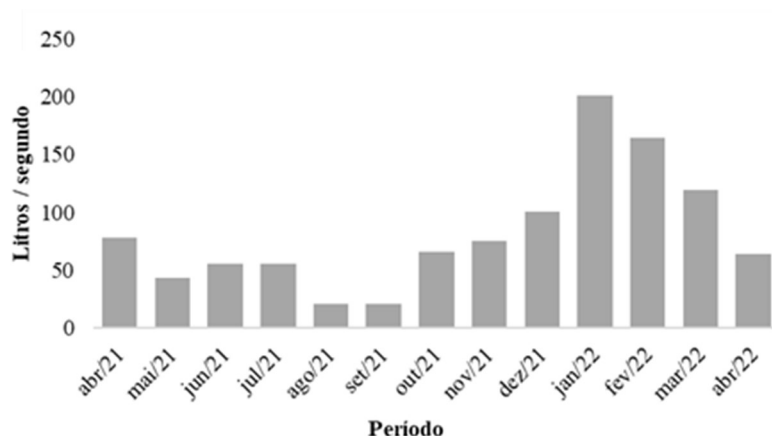


Figura 5.14 - Gráfico de vazões médias mensais de abril/2021 a abril/2022 em Córrego Javaés
Fonte: A autora (2022).

No Córrego Javaés predominam áreas de pastagem e cana-de-açúcar, com ausência de manejo do solo. Próximo ao manancial, a área é caracterizada pela presença de vegetação arbórea e bambus, evitando o assoreamento nas suas margens.

Ponto 7 - O Córrego Cristal é um curso d'água que sofreu alterações durante o período das medições, pois houve rebaixamento do solo, para o desvio, com máquinas que faziam a manutenção das estradas rurais, e no decorrer das medições, a presença de esgoto, diagnosticado pelo forte odor, durante as medições.

O maior resultado de vazão ocorreu no mês de janeiro de 2022 com 1.124,9 L/s e de menor vazão, no mês de agosto de 2021 com 25,9 L/s. Nos meses de abril e maio de 2021, houve uma semelhança nos valores da vazão com 462,7 L/s no mês de abril 2021 e 478,9 L/s no mês de maio 2021. E também uma comparação entre os meses de abril de 2021, com 462,7 L/s, e o mês de abril de 2022 com 205,1 L/s, a vazão foi reduzida aproximando-se da metade do valor em abril de 2021 e abril de 2022 (Fig. 5.15).

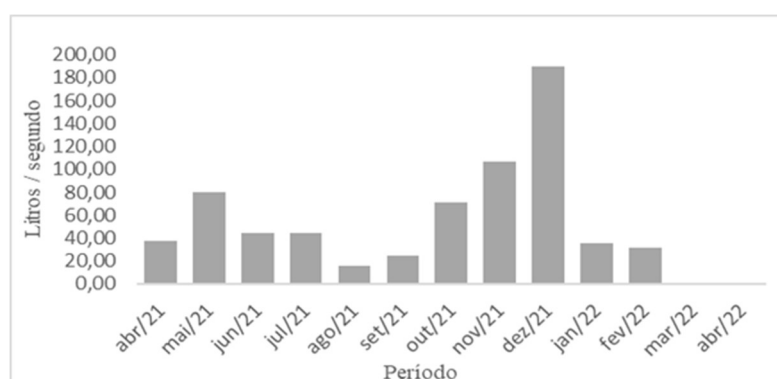


Figura 5.15 - Gráfico de vazões médias mensais de abril/2021 a abril/2022 em Córrego Cristal
Fonte: A autora (2022).

Ponto 8 - O Córrego Seco II A é o córrego principal que atravessa a microbacia

do Córrego Seco, que deságua no Córrego Grande. Avaliou-se que as vazões nos meses de janeiro e fevereiro de 2022 foram bem semelhantes, 4.611,1 L/s no mês de janeiro e 4.475,4 L/s no mês de fevereiro, seguindo o mês de março e abril de 2022, que foram bem semelhantes, com 2.282,3 L/s no mês de março e 2.404,7 L/s no mês de abril. Os meses de menor vazão foram nos meses de agosto de 2021 com 74,7 L/s e nos meses de setembro de 2021 a dezembro de 2021 as vazões foram aumentando lentamente.

O Córrego Seco II A localiza-se mais a jusante da microbacia, e a rede de drenagem foi classificada de terceira ordem. Nas proximidades desse ponto de coleta, foi verificada existência bombas de irrigação de cana-de-açúcar nos períodos de estiagem, o que também justifica a redução das vazões (Fig. 5.16).

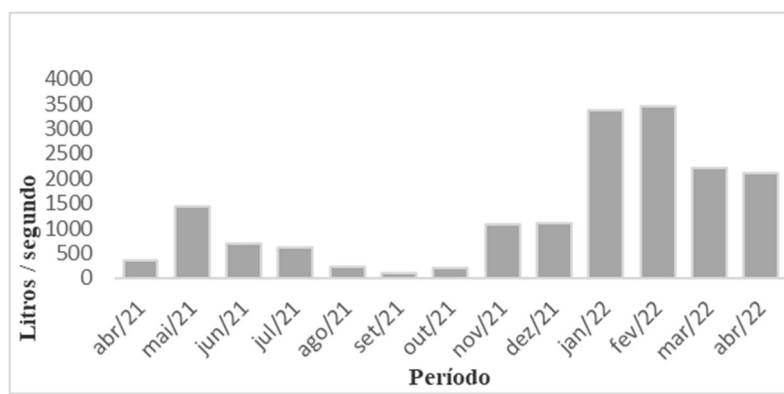


Figura 5.16 - Gráfico de vazões médias mensais de abril/2021 a abril/2022 em Córrego Seco II A
Fonte: A autora (2022).

Ponto 9 - O Córrego Seco II B é o principal córrego e o último ponto de coleta que fica próximo do exutório da microbacia, onde se concentram todas as contribuições dos córregos da microbacia deste córrego. O mês de maior vazão foi janeiro de 2022, com 4.077,6 L/s, e fevereiro de 2022, com 3.494,0 L/s. Já nos meses de março e abril de 2022, as vazões foram semelhantes, com 2.953,9 L/s em março e 2.588,8 L/s em abril 2022. O mês de menor vazão foi setembro de 2021, com a vazão de 283,1 L/s. Esse córrego tem fluxo de corrente a jusante (abaixo), que causa alargamento do leito original, aumento de profundidade e elevação do nível do lençol freático (Fig. 5.17).

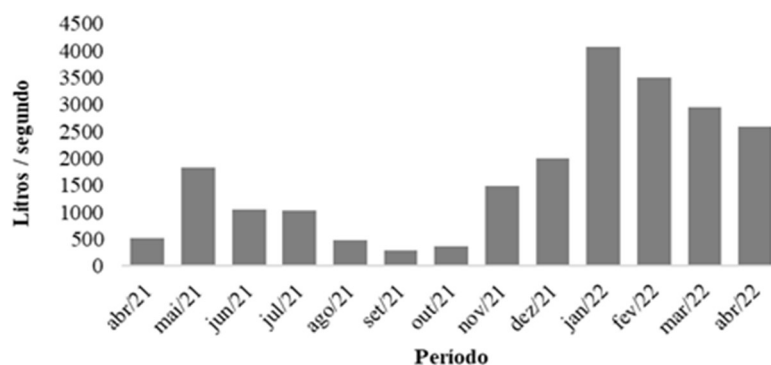


Figura 5.17 - Gráfico de vazões médias mensais de abril/2021 a abril/2022 em Córrego Seco II B
Fonte: A autora (2022).

Ponto 10 - O Córrego Seco/Grande (encontro) é o ponto de encontro entre Córrego Seco e o Córrego Grande, é o curso d'água principal e a classificação é de 3ª ordem, com fluxo corrente para o exutório da microbacia, onde se concentram todas as contribuições dos afluentes. O mês de maior vazão foi fevereiro de 2022, com 3.444,3 L/s, e o mês de menor vazão foi setembro de 2021, com a vazão de 121,7 L/s. De junho de 2021 a outubro de 2021, a vazão foi quase contínua no período de estiagem, pois nesse período a água é utilizada na agricultura irrigada de cana-de-açúcar (Fig. 5.18).

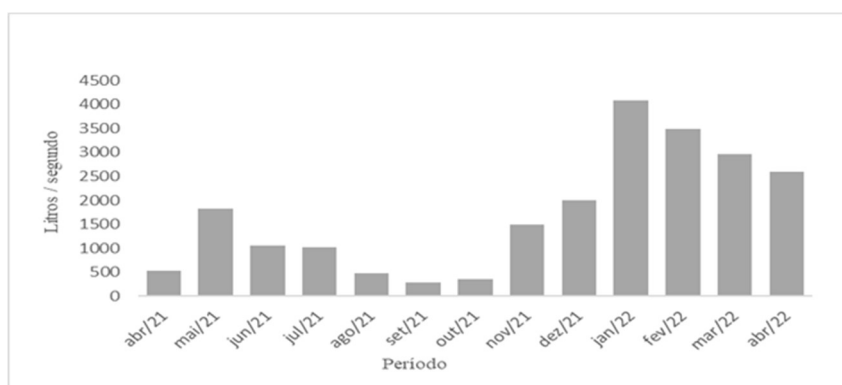


Figura 5.18 - Gráfico de vazões médias mensais de abril/2021 a abril/2022 em Córrego Seco/Grande (encontro)
Fonte: A autora (2022).

5.2.4 Vazões máximas e mínimas dos córregos da microbacia do Córrego Seco

De acordo com os resultados da (Tabela 5.5) das vazões, foi possível estimar com maior confiança as vazões máximas e mínimas mensais, nos 10 córregos da microbacia do córrego seco, verificando as possíveis relações com as características morfométricas e hidrológica da microbacia estudada.

Tabela 5.5 – Vazão máxima e mínima dos corpos d'água avaliados

Corpo d'água	Período Chuvoso dez/2021 a fev/2022	Período Seco ago/2021 a set/2021
	Vazão Máxima L/s	Vazão Mínima L/s
1-Córrego Seco	3.459,6	91,9
2-Córrego União	458,8	28,0
3- Córrego Seco I	2.467,6	133,7
4- Córrego Grande	1.608,6	119,0
5- Córrego Barraca	781,5	18,0
6- Córrego Javaés	201,3	20,5
7- Córrego Cristal	1.124,9	25,9
8- Córrego Seco II A	4.611,1	74,7
9- Córrego Seco II B	4.077,6	283,1
10- Córrego Seco/Grande (encontro)	3.444,3	121,7

Fonte: A autora (2022).

5.2.3.4 *Outorgas de captação do córrego Seco na microbacia do Córrego Seco*

A outorga de captação para irrigação é a água necessária para atender a demanda de uma cultura, com base na evapotranspiração e no tipo de solo, por um período de tempo, de acordo com a disponibilidade hídrica da microbacia. A Figura 5.2 mostra a outorga para o uso da água do Córrego Seco para a irrigação de cana-de-açúcar para uma área de 38,51 ha, com uma vazão de 33,33 L/s nos meses de agosto a setembro. A vazão deste córrego neste período foi de 91,1 L/s.

Quadro 5.2- Outorga do Córrego Seco, na microbacia do Córrego Seco

Manancial	Córrego Seco
Coordenadas	15°11'12,5" S e 49°33'32,8" O
Vazão Capatada	33,33 L/s
Período de Uso	160,2 ha/ano, nos meses de agosto a setembro
Tipo de Uso	Irrigação
Tipo de Captação	Direta no curso d'água
Finalidade	Atender a uma Irrigação por aspersão convencional com área de 38,51 ha

Fonte: SEMAD (2021).

O Quadro 5.3 apresenta a outorga de outro ponto de captação de água para a irrigação no Córrego Seco, na microbacia, para irrigação de cana-de-açúcar em uma área de 77 ha, com uma vazão de 27,06 L/s. A vazão do córrego neste período foi de 74,7 L/s.

Quadro 5.3 - Outorga do Córrego Seco na sua microbacia

Manancial	Córrego Seco
Coordenadas	15°10'50,05"S e 49°37'15,83"O
Vazão derivada	27,06 L/s
Período de Uso	5.040,00 ha/ano, no(s) mês(es) de abril a outubro
Tipo de Uso	Irrigação
Tipo de Captação	Direta no manancial
Finalidade da derivação	Irrigar cna-de-açúcar em uma área de 77 ha

Fonte: SEMAD (2021).

É de grande importância que os usuários de recursos hídricos informem a vazão disponível e outorgável em determinado ponto antes da formalização de um pedido de outorga por permitir maior transparência e agilidade aos processos, podendo formalizar se o manancial ainda tem vazão excedente para suportar o abastecimento das propriedades rurais.

A medição das vazões no período crítico hídrico é de grande importância para uma melhor gestão hídrica. As vazões nas microbacias poderão ser compartilhadas quando as vazões outorgadas se tornarem alertas ou críticas. Com os resultados deste estudo e efeito de atualizações de dados, sugere-se a criação de um mapa de disponibilidade hídrica com as vazões outorgáveis que possam ser disponíveis aos usuários. A cobrança das outorgas é um dos instrumentos para a gestão dos recursos hídricos e também dará suporte para a elaboração dos Planos Estaduais de Bacias Hidrográficas.

5.3 Conclusões

Os resultados da pesquisa permitem concluir que:

- a) em relação às vazões dos 10 córregos da microbacia do Córrego Seco, observou-se que as maiores vazões estão concentradas nos pontos 1, 3, 4, 8, 9 e 10 entre dezembro de 2021 e abril de 2022. No período de estiagem, nos pontos 2, 5, 6 e 7, a vazão dos córregos se reduziu significativamente, por ter atingido os menores valores nos córregos principais da microbacia, subsidiando as outorgas nesses córregos;
- b) a microbacia do Córrego Seco apresentou 33,93% de sua área total coberta por cana-de-açúcar, sendo predominante, e a pastagem correspondeu a 31,58% da área. Tal fato sugere grande relação com os processos de ocupação

da microbacia, sendo esta atividade a cultura da cana-de-açúcar;

c) a codificação de OTTO Pfafstetter permitiu a identificação, de maneira mais rápida, de pequenas bacias hidrográficas, que são unidades ambientais comumente utilizadas no planejamento e gestão dos recursos hídricos da microbacia; e

d) os resultados produzidos para os dez cursos d'água analisados necessitam de continuidade, sobretudo por ser este estudo o primeiro na Microbacia do Córrego Seco, o que reforça a necessidade de monitoramentos futuros na microbacia para serem disponibilizados a um sistema de informação para suporte ao manejo e à elaboração de Planos de Bacias Hidrográficas.

- Recomenda-se a implantação de um Marco Regulatório da Microbacia do Córrego Seco por atos legais estabelecidos, voltados para o monitoramento de projetos de conservação ambiental, práticas de manejos sustentáveis e efetivação da fiscalização e cobrança da outorga na microbacia, no intuito de conservá-la e racionalizar os usos da água, tendo em vista melhorar e garantir a segurança hídrica na quantidade da água da microbacia do Córrego Seco.

5.4 Referências

ALMEIDA, A. S. de; VIEIRA, I. C. G. Conflitos no uso da terra em Áreas de Preservação Permanente em um polo de produção de biodiesel no Estado do Pará.

Revista Ambiente & Água, Taubaté, v. 9, n. 3, p. 484 - 485, set. 2014.

<https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1410> Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/3KmQMwJ69HfFtsNZKk85Lt/?lang=pt> Acesso em: 23 abr. 2021.

ALTIERI, M. A. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**.

Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 4.ed. 2004. Disponível em:

<https://www.slideshare.net/luizaalencastro779/agroecologia-a-dinamica-produtiva-da-agricultura-sustentvel-altieri> Acesso em: 26 abr. 2021.

ANDRADE, M. A.; MELLO, C. R. de; BESKOW, S. Simulação hidrológica em uma bacia hidrográfica representativa dos Latossolos na região Alto Rio Grande, MG.

Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.17, p.69-76, 2013.

<https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000100010> Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/myYgGJZh84YnG8DTxShkbFx/abstract/?lang=pt> Acesso em: jun. 2021.

APARECIDO, C. F. F.; VANZELA, L. S.; VAZQUEZ, G. H.; LIMA, R. C. Manejo de bacias hidrográficas e sua influência sobre os recursos hídricos. **Irriga**, Botucatu, [S.l.], v.21, n.2, p.241-250, 2016. DOI: 10.15809/irriga.2016v21n2p239-256. Disponível em:

<https://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/1977>. Acesso em: 14 ago. 2021.

BEZERRA, D. da S. **O ecossistema manguezal em meio urbano no contexto de políticas públicas de uso e ocupação do solo na bacia do rio anil, São Luís, maranhão** 2008. 122p. Dissertação (Mestrado em Saúde e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, São Luís - MA, 2008. Disponível em: <https://tedebc.ufma.br/jspui/handle/tede/1077> Acesso em: 29 ago. 2021.

BRAGA, B. P. F.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L. de; VERAS JUNIOR, M. S.; PORTO, M. F. do A.; NUCCI, N. L. R.; JULIANO, N. M. de A.; EIGER, S. **Introdução a Engenharia Ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável**, 2.ed., São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2002. xi, 305p. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001272286> Acesso em: 6 jun. 2021.

BRASIL. **Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/leis/L9433.htm. Acesso em: 2 ago. 2022.

BRASIL. **Lei nº. 12.651 de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=LEI&numero=12651&ano=2012&ato=a48QTVU1kMVPWT59b> . Acesso em: 05 de jun.2021.

BRASIL/ANA. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Águas (ANA). **Plano estratégico de recursos hídricos da bacia hidrográfica dos rios Tocantins e Araguaia**: relatório síntese, 2009. Disponível em: <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/todos-os-documentos-do-portal/documentos-spr/planos-debacia/planos-de-bacia>. 2009. Acesso em: 20 maio 2022.

BRASIL/ANA. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Águas (ANA). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**: informe 2011. Brasília: ANA, 2011. Disponível em <http://conjuntura.ana.gov.br/conjuntura/download.aspx>. Acesso em: 25 jul. 2021.

BRASIL/ANA. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Águas (ANA). **Sistema nacional de informações sobre recursos hídricos**. 2018. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/apresentacao.jsf/>. Acesso em: 24 maio 2018

BRASIL/ANA. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Águas (ANA). Hidroweb. 2021. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>. Acesso em: 4 ago. 2021.

BRASIL/ANA. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Águas (ANA), HIDROWEB. 2021. Disponível em: www.ana.gov.br, Acesso em: out. 2022.

BRASIL/IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada). Meio ambiente e recursos naturais. **O Relatório teve como seu relator o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA)**. 2016. Disponível em:

<https://www.ipea.gov.br/portal/component/assuntos/interna?id=222> Acesso em: out. 2021.

BRASIL. **Lei nº. 12.651 de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=LEI&numero=12651&ano=2012&ato=a48QTVU1kMVpWT59b>. Acesso em: 15 de jun. 2022.

BRITO, L. T. de L.; SRINIVASAN, V. S.; SILVA, A. de S. GHEYI, H. R.; GALVÃO, C. de O.; HERMES, L. C. Influência das atividades antrópicas na qualidade das águas da bacia hidrográfica do Rio Salitre. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.4, p.596-602, 2004. DOI:10.1590/S1415-43662005000400025 Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/262718467_Influence_of_anthropic_activities_on_water_quality_of_Salitre_river_basin Acesso em: 6 jun. 2021.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática.** 2.ed. Rio de Janeiro: CPRM, 2008. 372p. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/19/f4fadcdc049b258f32828a686a41c708_5f60313f0666df1518a406b5a7922fd9.pdf. Acesso em: 7 jun. 2021.

CARVALHO, R. G de. As bacias hidrográficas enquanto unidades de planejamento e zoneamento ambiental no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. Especial, n.36, p.26-43, 2006. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/cpg/article/view> Acesso em: 22 maio 2021.

CAMPOS, S.; DA SILVEIRA, G. R. P.; FELIPE, A. C.; GARCIA, Y. M.; DE CAMPOS, M. Diagnóstico do uso do solo em APP na microbacia do Córrego Santo Antônio - São Manuel (SP) em função da legislação ambiental. **Revista Eletrônica Geoaraguaia**, Barra do Garças, v.3, n.2, p.98-210, 2013. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geo/article/view/4861>. Acesso em: 3 dez. 2021.

CAMPOS, V. N. de O.; FRACALANZA, A. P. Governança de águas no Brasil: conflitos pela apropriação da água e a busca da integração como consenso. **Revista Ambiente & Sociedade**, v.13, n.2, p.365-382, 2010. DOI:10.1590/S1414-753X2010000200010 Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/CSQMWFyvcv8MJV4vkMV6dBm/abstract/?lang=pt> Acesso em: 9 dez. 2021.

CÁNEPA, E. M.; PEREIRA, J. S.; LANNA, A. E. L. A política de recursos hídricos e o princípio usuário-pagador (pup). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.4, n.1, p.103-117, jan./mar.1999. Disponível em: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=pt-BR&user=4i8iaXwAAAAJ&citation_for_view=4i8iaXwAAAAJ:5nxA0vEk-isC Acesso em: 3 abr.2021.

CHAGAS, F. B.; RUTKOSKI, C. F.; BIENIEK, G. B.; VARGAS, G. D. L. P.; HARTMANN, P. A.; HARTMANN, M. T. Utilização da estrutura de comunidades de macroinvertebrados bentônicos como indicador de qualidade da água em rios no sul do

Brasil. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v.12, n.3, p.416-425, maio/jun. 2017. ISSN 1980-993X. doi:10.4136/1980-993X Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/wrnt3VJsLQyrLPfcC4RSKkb/?format=pdf&lang=pt . Acesso em: 11 jan. 2022.

COSTA, T. C. e C. da; UZEDA, M. C.; FIDALGO, E. C. C.; LUMBRERAS, J. F.; ZARONI, M. J.; NAIME, U. J.; GUIMARÃES, S. P. Vulnerabilidade ambiental em sub-bacias hidrográficas no estado do Rio de Janeiro por meio da integração temática da perda do solo (USLE), variáveis morfométricas e o uso/cobertura da terra. *In*: SIMPÓSIO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, Florianópolis - SC, 21-26 abr. 2007. **Anais...**, Florianópolis, 2007. p.2493-2500. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/bsr@80/2006/11.15.13.03/doc/2493-2500.pdf Acesso em: 13 jan. 2022.

CRUZ, J. C.; TUCCI, C. E. M. Estimativa da disponibilidade hídrica através da curva de permanência. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v.13, n.1, p.111-124, jan./mar. 2008. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/15/d10e0ca961a111adf95ca28c21078539_a24fb6762c28e81794b336c73d4e5121.pdf Acesso em: 16 jan. 2022.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. **Notícias Geomorfológicas**, Campinas, v.18, n.9, p.35-64, 1969. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/download/14769/11403/>. Acesso em: 03 de maio 2022.

CURTIS, S.; CRAWFORD, T. W.; RAHMAN, M. K.; PAUL, B. K.; MIAH, M. G.; ISLAM, M. S.; PATEL, M. A hydroclimatological analysis of precipitation in the Ganges–Brahmaputra–Meghna River Basin. **Water**, v.10, n.10, p.1359, p.1-11, 2018. <http://hdl.handle.net/10919/85601> <https://doi.org/10.3390/w10101359> Disponível em: <https://vtechworks.lib.vt.edu/handle/10919/85601?show=full> Acesso em: 19 jan. 2022.

FREITAS, E. P.; MORAES, J. F. L. de; PECHE FILHO, A.; STORINO, M. Indicadores ambientais para áreas de preservação permanente. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.17, n.4, p.445-448, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/331058036_Analise_da_cobertura_e_uso_da_terra_da_bacia_hidrografica_do_Rio_do_Coco_e_suas_implicacoes_sobre_as_areas_de_preservacao_permanente_como_instrumento_na_gestao_dos_recursos_hidricos. Acesso em: 15 fev. 2022.

GOMES, M. L. **Aspectos Hidrológicos, Sedimentológicos e Impactos Ambientais na Lagoa Costeira do Rio Catú-Aquiraz**. 2003. Dissertação (Mestrado Acadêmico ou Profissional) - Universidade Estadual do Ceará, 2003. Disponível em: <https://siduece.uece.br/siduece/trabalhoAcademicoPublico.jsf?id=26163> Acesso em: nov. 2021.

GONZAGA, M. L.; CARVALHO, A. G. B. M.; LOLLO, J. A. Aplicação do índice de qualidade da água considerando o uso do solo e a legislação pertinente na Bacia Hidrográfica do Córrego da Onça em Três Lagoas, Mato Grosso do Sul. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE GEOGRÁFOS, 16, 2010. **Anais...** Porto Alegre, RS, p.

1-11, 2010. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://pluris2010.civil.uminho.pt/Actas/PDF/Paper121.pdf Acesso em: 25 fev. 2022.

GURNELL, A. M.; RINALDI, M.; BUIJSE, A. D.; BRIERLEY, G.; PIEGAY, H. Hydromorphological frameworks: emerging trajectories. **Aquat Sci**, 78, p. 137-138, 2016. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s00027-015-0436-1.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2022.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Manual Técnico de Pedologia**, 2.ed. n. 4, p.284-303, Rio de Janeiro (RJ), 2010c. Disponível em: www.ibge.gov.br Acesso em: 18 abr. 2022.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 2010. Disponível em: www.ibge.gov.br. Disponível em: 19 fev. 2022.

MARTINS, J. L. F; SILVA, M. H. S. da. Aplicação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para avaliação ambiental da bacia hidrográfica do alto Guariroba, Campo Grande-MS. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, [S.l.], v.10, n.2, 2004. DOI: <https://doi.org/10.17271/198008271022014895> Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum_ambiental/article/view/895. Acesso em: 5 jul. 2022.

MELATI, M. D.; MARCUZZO, F. F. N. Regressões simples e robusta na regionalização da vazão Q95 na Bacia Hidrográfica do Taquari-Antas. **Ciência e Natura**, Santa Maria, RS, v.38 n.2, p.722-739, maio-ago. 2016. ISSN on-line: 2179-460X. DOI:10.5902/2179-460X19116 Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/16858/1/Melati_Marcuzzo_Cienciaenatura.pdf Acesso em: 10 jul. 2022.

MULLER, Y. T.; ROLIM, F. E.; MARCUZZO, F. F. N. Ottocodificação e análise altimétrica e da precipitação pluviométrica da bacia hidrográfica do rio Pelotas na divisa entre o Rio Grande do Sul e Santa Catarina. **Geographia Meridionalis**, Pelotas, v. 4, n.2, p.227-245, 2018. Disponível em: <http://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/Geographis/index> Acesso em: 13 jul. 2022.

PACHRI, H.; MITANI, Y.; IKEMI, H.; DJAMALUDDIN, I.; MORITA, A. Development of water management modeling by using GIS in Chirchik river basin, Uzbekistan. **Procedia Earth and Planetary Science**, v.6, p.169-176, 2013. Disponível em: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=vSe8VVVsAAA&citation_for_view=vSe8VVVsAAA&u5HHmVD_uO8C Acesso em: 16 maio 2022.

PRADO, F. S. do; SANTOS, G. O.; FERREIRA, H. A.; ARANTES, J. O.; SIEBA, W. R. Cobertura vegetal em áreas verdes urbanas no município de Rio Verde, Goiás. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE RIO VERDE, 11, 2015, Rio Verde, **Anais...** Rio Verde: UniRV, p.267-270, 2017. 660p. Disponível em: chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.unirv.edu.br/conteudos/fck/files/files/XI%20Cicurv_2017%20(1).PDF Acesso em: 19 jul 2022.

PRADO, L. de A.; MIZIARA, F.; FERREIRA, M. E. Expansão da fronteira agrícola e mudanças no uso do solo na região Sul de Goiás: ação antrópica e características naturais do espaço. *Boletim Goiano de Geografia*, Goiânia, v. 32, n. 1, p. 153 – 164, jan./jun., 2012. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/bgg/article/view/18962>. Acesso em: 13 jul. 2022.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS User Guide, Versão 2.18**: QGIS Project, 2019. 479p. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://docs.qgis.org/2.18/pdf/pt_BR/QGIS-2.18-UserGuide-pt_BR.pdf Acesso em: 10 jul. 2021.

RODRIGUES, R. S. S.; FERNANDES, L. L.; CRISPIM, D. L.; VIEIRA, A. S. de A.; PESSOA, F. C. L. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do igarapé da Prata, Capitão Poço, Pará, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.11, n.3, p.143-150, 2016. DOI: <https://doi.org/10.18378/rvads.v11i3.4313> Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/4313> Acesso em: 30 jul. 2022.

ROMERO, F. I.; COZANO, M. A.; GANGAS, R. A.; NAULIM, P. I. Zonas ribereñas: protección, restauración y contexto legal en Chile. **Bosque** v.35, n.1, p.11, 2014. Disponível em: <https://www.sustenere.co/index.php/rica/article/download/CBPC2179-6858.2020.003.0022/2023/9216>. Acesso em: 30 ago. 2022.

SÁ, T. D. de A.; ARAÚJO, A. C. de; MÖLLER, M. R. F.; HÖLSCHER, D.; BASTOS, T. X. Chuva sob dossel ao longo de sucessões vegetais: capoeiras do nordeste do Pará. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11, 1999. 11p. **Anais SBAGRO**. Florianópolis, 2020. <http://www.sbagro.org/index.php?page=anais> Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.sbagro.org/files/biblioteca/398.pdf Acesso em: 18 set. 2022.

SIELG (Sistema Estadual de Geoinformação) (Goiás). **Geoprocessamento**. 2013. Disponível em: <http://www2.sieg.go.gov.br/post/ver/169642/geoprocessamento>. Acesso em: 9 jul. 2022.

SILVA, G. C. M.; COSTA JÚNIOR, N. P.; SILVA, F. M. Caracterização do uso da terra no município de Areia Branca – RN, por técnicas de sensoriamento remoto. **Geociências**, v. 33, n. 2, p. 315. 2014. UNESP, São Paulo. Disponível em: https://www.revistageociencias.com.br/geociencias-arquivos/33/volume33_2_files/33-2-artigo-10.pdf. Acesso em: 16 out. 2022.

SILVA, J. L.; TONELLO, K. C.; VALENTE, R. A.; MINGOTI, R. Diagnóstico ambiental como subsídio à restauração florestal e manutenção hidrológica da Bacia do Ribeirão dos Pinheirinhos, Brotas – SP. **Irriga**, Botucatu, v.21, n.1, p.8, jan./mar., 2016. Disponível em: <https://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/811/1404>. Acesso em: 19 out. 2022.

SILVEIRA, G. L. da; SILVA, C. E. da; IRION, C. A. O.; CRUZ, J. C.; RETZ, E. F. Balanço de cargas poluidoras pelo monitoramento quali-quantitativo dos recursos hídricos em pequena bacia hidrográfica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, 1998, v.8, n.1, p.5-11, jan./mar. 2003. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/37/f78b6f92a7f4616eea9276dc88ccabf3_7f91c4ea18d00d1a11bcbb9eb2ef77d4.pdf Acesso em: 9 set. 2021.

SOARES, M. R. G. de J.; SOUZA, J. L. M. Análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Pequeno em São José dos Pinhais (PR). **Revista Geografia** (Londrina), v. 21, n. 1, p. 20, jan./abr. 2012. Disponível em: moretti.agrarias.ufpr.br/publicacoes/tc_2012_geografia_1.pdf. Acesso em: 5 ago. 2021.

SOUZA, V. V. da C. de; GALLARDO, A. L. C. F.; CÔRTEZ, P. L.; FRACALANZA, A. P.; RUIZ, M. S. 2018. Pagamento por serviços ambientais de recursos hídricos em áreas urbanas: perspectivas potenciais a partir de um programa de recuperação da qualidade de água na cidade de São Paulo. **Cadernos Metrôpole**, v. 20, n.42, p.493-512, maio-ago. 2018. <https://doi.org/10.1590/2236-9996.2018-4209> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cm/a/CCPssGcWKG9YtLGyK6pKvDw/?lang=pt> Acesso em: 3 set. 2021.

TRINDADE-SANTOS, I.; EDUARDO, A. A.; MOYES, F.; MARTINEZ, P. A.; MAGURRAN, A. E.; GOUVEIA, S. F. Simulating shifts in taxonomic and functional β -diversity of ray-finned fishes: Probing the Mariana disaster. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v.16, n.4, p.186-192, 2018. Disponível em: [file:///C:/Users/Marcia/Downloads/8480-1-34558-1-10-20201217%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Marcia/Downloads/8480-1-34558-1-10-20201217%20(2).pdf) Acesso em: 17 dez. 2021.

UNESCO. A Guerra pela água. **Revista Mundo e Visão**. 2012. Disponível em: <https://pt.unesco.org/fieldoffice/brasil/expertise/water-resources-brazil/2012>. Acesso em: jan. 2022.

UNESCO – WWAP. The United Nations World Water Development Report 4: Managing Water under Uncertainty and Risk. Paris. 2012. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002156/215644e.pdf>. Acesso em 22 jun. 2021.

VARGAS, Reinaldo Romero; SAAD, Antonio Roberto; DALMAS, Fabrício Bau; ROSA, Arnaldo; ARRUDA, Regina de Oliveira Moraes; MESQUITA, Marisa Vianna; ANDRADE, Márcio Roberto Magalhães de. Water Quality Assessment in the Córrego Taquara do Reino Hydrographic Basin, Guarulhos Municipality (São Paulo State - Brazil): Effects of Environmental Degradation. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, v. 38, n. 2, p. 138. 2015. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/article/view/6992> Acesso em: 15 maio 2022.

+

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/PzfNBLsCQPpB4wtrKVbvcgg/?format=pdf&lang=pt>

Acesso em: 15 out. 2021.

ZANATA, M.; PISSARRA, T. C. T.; FERRAUDO, A. S.; RANZINI, M.; CAMPOS, S. Effect of soil use on the quality of water resource in watershed using multivariate statistical analysis. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 4, p. 787, out./dez., 2015. Disponível em: <https://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/1849>.

Acesso em: 10 out. 2021.

6 CONCLUSÃO GERAL

Os resultados apresentados nos dois capítulos que consistem a presente dissertação, demonstraram que a microbacia do córrego seco apresenta áreas mais suscetíveis às atividades de uso e ocupação do solo, que são definidas em função de suas características morfométricas, conforme apresentado no Capítulo I. O referido Capítulo I mostrou que na microbacia as áreas mais suscetíveis estão localizadas nas regiões mais planas sendo esta tendência resultante de fatores naturais relacionados às características do relevo e a morfometria da rede de drenagem. Observou-se também que o processo de ocupação da microbacia, direcionaram a ocupação das terras nas localidades próximas a cidade, o que resultou no avanço do desmatamento para a região da microbacia, tendo a cana-de-açúcar e a pastagem como atividades dominantes. As atividades antrópicas, além de proporcionarem o desmatamento de extensas terras, também favoreceram a intensa ocupação das áreas de preservação permanente de cursos d'água, refletindo em percentuais elevados de áreas com uso do solo em APP's.

Foi possível observar que a microbacia além de apresentar aspectos naturais indicativos de maior suscetibilidade também apresenta um percentual significativo nas áreas de preservação permanente. Assim, o uso da terra nas APPs pode ter influenciado no volume de água dos córregos nos períodos seco e chuvoso, contudo, não se devem esquecer as características naturais da microbacia, pois os resultados indicaram que as formas do relevo e as características morfométricas foram responsáveis por grande parte do comportamento da microbacia, o uso e cobertura do solo funcionando como maximizador de todo o processo. Apesar dos estudos terem apresentado essa relação, os resultados produzidos ainda demonstram necessidade de investigações futuras, principalmente no que se refere à periodicidade e o tempo de monitoramento das vazões dos 10 córregos da microbacia, pois as informações sobre as variações temporais de vazões são fundamentais para uma análise histórica de mudança temporal. Assim, os

resultados produzidos para os cursos d'água analisados necessitam de continuidade, porque somente um período analisado de um ano, ainda não é suficiente para representar um ciclo hidrológico regular, o que reforça a necessidade de monitoramentos futuros.

Sobretudo pela presença de extensas áreas de cana-de-açúcar e pastagens que sofrem influência direta de inundações no período chuvoso. Tais regiões vêm sendo bastante utilizadas, principalmente após a aprovação do novo código florestal (BRASIL, 2012), que alterou o parâmetro de medição das áreas de preservação permanente, as quais passaram a ser computadas a partir da calha do leito regular do curso d'água e não de sua cota máxima como estabelecia a legislação anterior. Esta mudança cria um novo cenário para a utilização das APPs, tornando possível que o uso chegue mais próximo do corpo hídrico com consequências diretas sobre toda a dinâmica hidrológica, inclusive com alterações no volume da água dos córregos da microbacia.

No entanto, embora haja necessidade de estudos complementares para um entendimento mais abrangente do funcionamento dos comportamento das vazões da microbacia, os resultados produzidos são de suma relevância, pois além de não existir estudos relacionados ao monitoramento da vazão na microbacia, permitiram conhecer melhor os comportamentos hidrológicos da vazão da microbacia do córrego seco, são fundamentais para o planejamento e gestão do uso do solo de forma mais adequada.

Por fim, são recomendadas a implantação de projetos de conservação ambiental, práticas de manejos sustentáveis e efetivação da fiscalização e a cobrança da outorga na microbacia, no intuito de conservá-la, tendo em vista melhorar e garantir a quantidade da água da microbacia do Córrego Seco por ser de suma importância para diversos usos, sobretudo para irrigação de grandes e pequenas lavouras. Também mostra uma urgente necessidade de melhoria na gestão dos recursos hídrica, dada sua grande dependência da microbacia, reduzindo o consumo, de forma a aproveitar melhor os recursos hídricos. Sendo o Marco Regulatório da microbacia do córrego seco, fundamental para início da gestão dos recursos hídricos da área estudada.

Certifico que, neste estudo, não houve interesse político do município de Ipiranga de Goiás, pois as pesquisas foram custeadas com recursos próprios, e da Empresa *Four* Soluções Ambientais e da Empresa Projetos Engenharia & Cia.

APÊNDICE

Memorial fotográfico dos pontos de coleta dos dez córregos, curso da Microbacia do Córrego Seco, de abril de 2021 a abril de 2022

Ponto 1 - Córrego Seco



Fonte: Arquivo pessoal (2022).

Ponto 2 - Córrego União



Fonte: Arquivo pessoal (2022).

Ponto 3 - Córrego Seco I



Fonte: Arquivo pessoal (2022).

Ponto 4 - Córrego Grande

Fonte: Arquivo próprio (2022).

Ponto 5 - Córrego Barraca



Fonte: Arquivo pessoal (2022).

Ponto 6 - Córrego Javaés



Fonte: Arquivo pessoal (2022).

Ponto 7 - Córrego Cristal

Fonte: Arquivo pessoal (2022).

Ponto 8 - Córrego Seco II A

Fonte: Arquivo pessoal (2022).

Ponto 9 - Córrego Seco II B



Fonte: Arquivo pessoal (2022).

Ponto 10 - Córrego Seco/Grande (encontro)



Fonte: Arquivo pessoal (2022).